

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 2月28日
Date of Application:

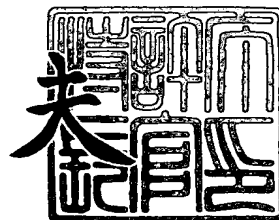
出願番号 特願2003-054768
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-054768]

出願人 株式会社半導体エネルギー研究所
Applicant(s):

2003年12月22日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3106370

【書類名】 特許願

【整理番号】 P007002

【提出日】 平成15年 2月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 田中 幸一郎

【特許出願人】

【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ照射装置およびレーザ照射方法、並びに半導体装置の作製方法。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

可視光線以下の波長を出力するパルス発振のレーザ発振器 1 と、
前記レーザ発振器 1 から射出されるレーザビーム 1 を照射面にて長いビームに加工する手段と、
基本波を出力するレーザ発振器 2 と、
前記照射面において、前記レーザビーム 1 が照射される範囲に重なって前記レーザ発振器 2 から射出されるレーザビーム 2 を照射する手段と、
前記レーザビーム 1 及び前記レーザビーム 2 に対して前記照射面を相対的に第 1 方向に移動させる手段と、
を有し、
前記レーザ発振器 2 の出力は、前記パルス発振のレーザ発振器 1 の周期と同期させて変調のかかることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 2】

可視光線以下の波長を出力するパルス発振のレーザ発振器 1 と、
前記レーザ発振器 1 から射出されるレーザビーム 1 を照射面にて長いビームに加工する手段と、
基本波を出力するレーザ発振器 2 と、
前記照射面において、前記レーザビーム 1 が照射される範囲に重なって前記レーザ発振器 2 から射出されるレーザビーム 2 を照射する手段と、
前記レーザビーム 1 及び前記レーザビーム 2 に対して前記照射面を相対的に第 1 方向に移動させる手段と、
を有し、
前記レーザ発振器 2 の出力は、前記パルス発振のレーザ発振器 1 の周期と同期させて変調がかかり、単位時間当たりに前記照射面に吸収されるレーザビームのエネルギーを一定に制御できることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、前記レーザー発振器 1 は、Ar レーザ、Kr レーザ、エキシマレーザ、CO₂ レーザ、YAG レーザ、Y₂O₃ レーザ、YVO₄ レーザ、YLF レーザ、YAlO₃ レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイヤレーザ、銅蒸気レーザまたは金蒸気レーザであることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 において、前記レーザー発振器 2 は、Ar レーザ、Kr レーザ、CO₂ レーザ、YAG レーザ、Y₂O₃ レーザ、YVO₄ レーザ、YLF レーザ、YAlO₃ レーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイヤレーザ、ヘリウムカドミウムレーザ、であることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のいずれか一項において、前記照射面は前記レーザービーム 1 に対して透光性を有する厚さ d の基板に成膜された膜であり、前記長いビームの長径または短径の長さを W₁ とすると、前記レーザービーム 1 の前記照射面に対する入射角度 ϕ_1 は、

$$\phi_1 \geq \arctan (W_1 / 2d)$$

を満たすことを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 5 のいずれか一項において、前記照射面は前記レーザービーム 2 に対して透光性を有する厚さ d の基板に成膜された膜であり、前記レーザービーム 2 の前記照射面におけるビームのスポットの長径または短径の長さを W₂ とすると、前記レーザービーム 2 の前記照射面に対する入射角度 ϕ_2 は、

$$\phi_2 \geq \arctan (W_2 / 2d)$$

を満たすことを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 7】

可視光線以下の波長であるパルス発振のレーザービーム 1 を照射面にて長いビームに加工し、

前記照射面において、前記レーザービーム 1 が照射される範囲に重なって、基本波であるレーザービーム 2 をレーザービーム 1 と同時に照射しながら、前記長いビームに対して前記照射面を相対的に第 1 方向に移動させ、

前記レーザビーム 2 のエネルギーは、前記パルス発振のレーザビーム 1 のパルスに同期して変調がかかることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 8】

可視光線以下の波長であるパルス発振のレーザビーム 1 を照射面にて長いビームに加工し、

前記照射面において、前記レーザビーム 1 が照射される範囲に重なって、基本波であるレーザビーム 2 をレーザビーム 1 と同時に照射しながら、前記長いビームに対して前記照射面を相対的に第 1 方向に移動させ、

前記レーザビーム 2 のエネルギーは、前記パルス発振のレーザビーム 1 のパルスに同期して変調がかかり、単位時間当たりに前記照射面に吸収されるレーザビームのエネルギーを一定に保つことを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 9】

請求項 7 または請求項 8 において、前記レーザビーム 1 は、Ar レーザ、Kr レーザ、エキシマレーザ、CO₂ レーザ、YAG レーザ、Y₂O₃ レーザ、YVO₄ レーザ、YLF レーザ、YAlO₃ レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイヤレーザ、銅蒸気レーザまたは金蒸気レーザから射出されるものであることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 10】

請求項 7 乃至請求項 10 において、前記レーザビーム 2 は、Ar レーザ、Kr レーザ、CO₂ レーザ、YAG レーザ、Y₂O₃ レーザ、YVO₄ レーザ、YLF レーザ、YAlO₃ レーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイヤレーザまたはヘリウムカドミウムレーザから射出されるものであることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 11】 請求項 7 乃至 10 のいずれか一項において、前記照射面は前記レーザビーム 1 に対して透光性を有する厚さ d の基板に成膜された膜であり、前記長いビームの長径または短径の長さを W₁ とすると、前記レーザビーム 1 の前記照射面に対する入射角度 ϕ_1 は、

$$\phi_1 \geq \arctan(W_1/2d)$$

を満たすことを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 12】 請求項 7 乃至 11 のいずれか一項において、前記照射面は前記

レーザビーム 2 に対して透光性を有する厚さ d の基板に成膜された膜であり、前記レーザビーム 2 の前記照射面におけるビームのスポットの長径または短径の長さを W_2 とすると、前記レーザビーム 2 の前記照射面に対する入射角度 ϕ_2 は、 $\phi_2 \geq \arctan (W_2/2d)$

を満たすことを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 13】

基板上に半導体膜を形成し、
前記半導体膜をレーザの照射面に一致させ、
可視光線以下の波長であるパルス発振のレーザビーム 1 を前記照射面にて長いビームに加工し、
前記照射面において、前記レーザビーム 1 が照射される範囲に重なって、基本波であるレーザビーム 2 をレーザビーム 1 と同時に照射しながら、前記長いビームに対して前記照射面を相対的に第 1 方向に移動させ、
前記レーザビーム 2 のエネルギーは、前記パルス発振のレーザビーム 1 のパルスに同期して変調がかかることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 14】

基板上に半導体膜を形成し、
前記半導体膜をレーザの照射面に一致させ、
可視光線以下の波長であるパルス発振のレーザビーム 1 を前記照射面にて長いビームに加工し、
前記照射面において、前記レーザビーム 1 が照射される範囲に重なって、基本波であるレーザビーム 2 をレーザビーム 1 と同時に照射しながら、前記長いビームに対して前記照射面を相対的に第 1 方向に移動させ、
前記レーザビーム 2 のエネルギーは、前記パルス発振のレーザビーム 1 のパルスに同期して変調がかかり、単位時間当たりに前記照射面に吸収されるレーザビームのエネルギーを一定に保つことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 15】

請求項 13 または請求項 14 において、前記レーザビーム 1 は、Ar レーザ、Kr レーザ、エキシマレーザ、CO₂ レーザ、YAG レーザ、Y₂O₃ レーザ、YVO₄ レーザ、YL

Flレーザ、YalO₃レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイヤレーザ、銅蒸気レーザまたは金蒸気レーザから射出されるものであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 16】

請求項 13 乃至請求項 15 において、前記レーザビーム 2 は、Arレーザ、Krレーザ、CO₂レーザ、YAGレーザ、Y₂O₃レーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YalO₃レーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイヤレーザまたはヘリウムカドミウムレーザから射出されるものであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 17】

請求項 13 乃至 16 のいずれか一項において、前記照射面は前記レーザビーム 1 に対して透光性を有する厚さ d の基板に成膜された膜であり、前記長いビームの長径または短径の長さを W1 とすると、前記レーザビーム 1 の前記照射面に対する入射角度 $\phi 1$ は、

$$\phi 1 \geq \arctan (W1/2d)$$

を満たすことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 18】

請求項 13 乃至 17 のいずれか一項において、前記照射面は前記レーザビーム 2 に対して透光性を有する厚さ d の基板に成膜された膜であり、前記レーザビーム 2 の前記照射面におけるビームのスポットの長径または短径の長さを W2 とすると、前記レーザビーム 2 の前記照射面に対する入射角度 $\phi 2$ は、

$$\phi 2 \geq \arctan (W2/2d)$$

を満たすことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はレーザ照射方法およびそれを行うためのレーザ照射装置（レーザと該レーザから出力されるレーザビームを被照射体まで導くための光学系を含む装置）に関する。また、前記レーザ照射方法およびそれを行うレーザ照射装置を使って、半導体装置を作製する方法に関する。なお、本明細書中、半導体装置とは、

半導体特性を利用しうるあらゆる装置を含み、半導体装置を組み込んだコンピュータや電子機器などもその範疇に入るものとする。

【0002】

【従来の技術】

近年、ガラス等の絶縁基板上に形成された非晶質半導体膜を結晶化させ、結晶構造を有する半導体膜（以下、結晶性半導体膜という）を形成する技術が広く研究されている。結晶化法としては、ファーネスアニール炉を用いた熱アニール法や、瞬間熱アニール法（RTA法）、又はレーザアニール法などが検討されている。結晶化に際してはこれらの方法の内、いずれか一つまたは複数を組み合わせて行うことが可能である。

【0003】

結晶性半導体膜は、非晶質半導体膜と比較し、非常に高い移動度を有する。このため、この結晶性半導体膜を用いて薄膜トランジスタ（TFT）を形成し、例えば、1枚のガラス基板上に、画素部用、または、画素部用と駆動回路用のTFTを形成したアクティブマトリクス型の液晶表示装置等に利用されている。

【0004】

通常、ファーネスアニール炉で非晶質半導体膜を結晶化させるには、600℃以上で10時間以上の熱処理を必要としていた。この結晶化に適用できる基板材料は石英であるが、石英基板は高価で、特に大面積に加工するのは非常に困難であった。生産効率を上げる手段の1つとして基板を大面積化することが挙げられるが、安価で大面積基板に加工が容易なガラス基板上に半導体膜を形成する研究がなされる理由はこの点にある。近年においては一辺が1mを越えるサイズのガラス基板の使用も考慮されるようになっている。

【0005】

前記研究の1つの例として、特開平7-183540号公報に開示されている金属元素を用いる熱結晶化法は、従来問題とされていた結晶化温度を低温化することを可能としている。その方法は、非晶質半導体膜にニッケルまたは、パラジウム、または鉛等の元素を微量に添加し、その後550℃にて4時間の熱処理で結晶性半導体膜の形成を可能にしている。550℃であれば、ガラス基板の歪み

点温度以下であるため、変形等の心配のない温度である。

【0006】

一方、レーザアニール法は、基板の温度をあまり上昇させずに、半導体膜にのみ高いエネルギーを与えることが出来るため、歪み点温度の低いガラス基板には勿論、プラスチック基板等にも用いることが出来る点で注目されている技術である。

【0007】

レーザアニール法の一例は、エキシマレーザに代表されるパルス発振のレーザビームを、照射面において、数cm角の四角いスポットや、長さ100mm以上の線状となるように光学系にて成形し、レーザビームの照射位置を被照射体に対し相対的に移動させて、アニールを行う方法である。なお、ここでいう「線状」は、厳密な意味で「線」を意味しているのではなく、アスペクト比の大きい長方形（もしくは長楕円形）を意味する。例えば、アスペクト比が2以上（好ましくは10～10000）のもの指すが、照射面における形状が矩形状であるレーザビーム（矩形状ビーム）に含まれると考えてよい。なお、線状とするのは被照射体に対して十分なアニールを行うためのエネルギー密度を確保するためであり、矩形状や面状であっても被照射体に対して十分なアニールを行えるのであれば構わない。

【0008】

このようにして作製される結晶性半導体膜は、複数の結晶粒が集合して形成されており、その結晶粒の位置と大きさはランダムなものである。ガラス基板上に作製されるTFTは素子分離のために、前記結晶性半導体を島状のパターニングに分離して形成している。その場合において、結晶粒の位置や大きさを指定して形成する事はできなかった。結晶粒内と比較して、結晶粒の界面（結晶粒界）は非晶質構造や結晶欠陥などに起因する再結合中心や捕獲中心が無数に存在している。この捕獲中心にキャリアがトラップされると、結晶粒界のポテンシャルが上昇し、キャリアに対して障壁となるため、キャリアの電流輸送特性を低下することが知られている。チャネル形成領域の半導体膜の結晶性は、TFTの特性に重大な影響を及ぼすが、結晶粒界の影響を排除して単結晶の半導体膜で前記チャネ

ル形成領域を形成することはほとんど不可能であった。

【0009】

しかし最近、連続発振のレーザ（CWレーザ）を一方向に走査させながら半導体膜に照射することで、走査方向に繋がって結晶成長し、その方向に長く延びた単結晶の粒を形成する技術が注目されている。そのような単結晶の粒が集まっている領域を、本明細書中では、長結晶粒領域と呼ぶことにする。この方法を用いれば、少なくともTFTのチャネル方向には結晶粒界のほとんどないものが形成できると考えられている。（例えば特許文献1 参照）

【0010】

【特許文献1】

米国特許出願公開第2002/0031876 A1 号明細書

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記のようなCWレーザを使用して結晶化させる方法においては、半導体膜に十分に吸収される波長域のCWレーザを使う都合上、例えばYAGレーザを使用する場合、高調波に変換しなければならなかった。そのため、出力が10W程度と非常に小さいレーザしか適用できず、生産性の面でエキシマレーザを使う技術と比較し劣っている。出力10W、波長532nmのレーザを用い、例えば厚さ50nm程度の半導体膜を結晶化するとすると、例えばビームのスポットサイズを 10^{-3} mm程度にしなければならない。これに対しエキシマレーザは、ビームのスポットサイズを 1 cm^2 程度とすることができる。なお、本方法に適切なCWレーザは、出力が高く、波長が可視光線のもの以下で、出力の安定性の著しく高いものであり、例えば、YVO₄レーザの第2高調波や、YAGレーザの第2高調波、YLFレーザの第2高調波、YalO₃レーザの第2高調波、Arレーザなどが当てはまる。他の高調波でも問題なくアニールには使用できるが、出力が小さくなる欠点がある。本発明は、CWレーザを使った結晶化技術の長所を残しつつ、生産面の欠点を大幅に改善することを課題とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

CWレーザによる半導体膜の結晶化工程においては、少しでも生産性を上げるためにレーザビームを照射面において長い楕円状に加工し、楕円状のレーザビーム（以下楕円ビームと称する。）の短径方向に走査させ、半導体膜を結晶化させることが盛んに行われている。加工後のレーザビームの形状が楕円状になるのは、元のレーザビームの形状が円形もしくはそれに近い形状であるからである。あるいは、レーザビームの元の形状が長方形状であればそれをシリンドリカルレンズなどで1方向に拡大して長い長方形状に加工し同様に用いても良い。本明細書中では、楕円ビームと長方形状のビームを総称して、長いビームと呼ぶ。また複数のレーザビームをそれぞれ長いビームに加工し、それらをつなげてさらに長いビームを作っても良い。本発明は、このような工程において処理効率の飛躍的に高い、長いビームの照射方法および照射装置を提供する。

【0013】

本明細書で開示するレーザ照射装置に関する発明の構成は、可視光線以下の波長を出力するパルス発振のレーザ発振器1と、前記レーザ発振器1から射出されるレーザビーム1を照射面もしくはその近傍にて長いビームに加工する手段と、基本波を出力するレーザ発振器2と、前記照射面において、前記レーザビーム1が照射される範囲に重なって前記レーザ発振器2から射出されるレーザビーム2を照射する手段と、前記レーザビーム1及び前記レーザビーム2に対して前記照射面を相対的に第1方向に移動させる手段と、を有し、前記レーザ発振器2の出力は、前記パルス発振のレーザ発振器1の周期と同期させて変調のかかるレーザ照射装置であることを特徴としている。

【0014】

前記可視光線以下の波長を出力するパルス発振のレーザ発振器1は、半導体膜によく吸収される波長域を出力するのであればよく、一般に可視光線以下の波長域は、よく半導体膜に吸収される。また、前記基本波を出力するレーザ発振器2は、大出力のエネルギーが発振可能で、溶融した半導体膜によく吸収されればよく、特に基本波に限定はされない。しかしながら、一般に、高調波はエネルギーが弱くまた、YAGレーザなどの大出力レーザであれば溶融した半導体膜によく吸収されるため、基本波を適用することが好ましい。

【0015】

本発明において、前記レーザ発振器 1 と前記レーザ発振器 2 とを同時に使う理由は以下のとおりである。まず、半導体膜に十分吸収される波長域（可視光線以下）で、しかも、連続発振のレーザと比較しレーザビームのスポットのサイズを大幅に拡大しても半導体膜を十分アニール可能なパルス発振のレーザで、半導体膜の一部を熔融させる。次に、連続発振の可視光線以下のレーザと比較して出力が 100 倍以上得られる例えば出力 1000W 以上の基本波（例えば、Nd:YAG レーザの基本波）を熔融した半導体膜に照射しながら、半導体膜を基本波に対し相対的に走査させる。前記基本波は、通常半導体膜にはほとんど吸収されないが、半導体膜が熔融状態となると、吸収係数が飛躍的に高まり、十分な吸収が得られる。これにより、パルス発振のレーザにより熔融した部分が、基本波のレーザの照射により熔融状態が維持されたまま半導体膜中で移動するので、その方向に長く連なった結晶粒が形成される。熔融状態の維持できる時間はパルス発振のレーザと基本波のレーザとの出力のバランスにより決まる。熔融状態の維持できる時間内で、次のパルス発振のレーザが半導体膜に照射されれば、前記熔融状態は保持されたまま半導体膜のアニールを続けることができる。極端な場合、一旦パルスレーザで半導体膜を熔融させれば、その後は、基本波の照射のみで、熔融状態が維持できる条件もあり得る。この場合は、パルスレーザは 1 ショットのみ照射し、その後は連続発振のレーザで熔融状態を維持させればよい。

【0016】

また、本発明において、前記レーザ発振器 1 のパルス発振の周期と前記レーザ発振器 2 の出力の変調を同期させることにより、パルスレーザにより熔融された半導体膜に過剰に連続発振レーザの出力が入らないようにすることができる。これに関し、図 3 を使って説明する。まず、図 3 (a) において、半導体膜によく吸収される波長域をもつパルスレーザ 1 と、波長が $1\ \mu\text{m}$ 程度のレーザ 2 にて、半導体膜の大面积に渡り熔融した領域を形成する。前記熔融に必要で、長結晶粒領域を形成するのに適当なレーザ出力は図中において W_0 で定義し、パルスレーザ 1 とレーザ 2 の出力の合計が W_0 となるようにそれぞれのレーザ出力を調整する。図 3 中、縦軸がレーザ出力で、横軸が時間であり、パルスレーザ 1 とレーザ 2 により

まず溶融領域を半導体膜に形成する。つぎに、パルスレーザ 1 の出力の減衰開始に合わせて、レーザ 2 の出力の変調を一気に行い、前記溶融領域に強い出力 W_0 でレーザ 2 を照射する。これにより、パルスレーザ 1 にて溶融された半導体膜の溶融状態をレーザ 2 にて保持することができる。このことから容易に理解できるが、レーザ 2 は CW レーザであってもパルスレーザであっても本発明の本質に全く影響しない。図 3 (b) に、レーザ 2 をパルスレーザとした例を示す。レーザ 2 にパルスレーザを使用する場合は固相状態の半導体膜によく吸収される波長域のパルスレーザと、あまり吸収されない波長域のパルスレーザを交互に照射し、半導体膜に吸収される単位時間あたりのエネルギーを一定 (W_0) とすることで、結晶を連続的に成長させることが可能となる。前記エネルギーを一定にすることは、図 3 (a) のパターンにおいても重要である。

【0017】

上記発明の構成において、前記レーザ発振器 1 は、Ar レーザ、Kr レーザ、エキシマレーザ、 CO_2 レーザ、YAG レーザ、 Y_2O_3 レーザ、 YVO_4 レーザ、YLF レーザ、 YAlO_3 レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti: サファイヤレーザ、銅蒸気レーザまたは金蒸気レーザであることを特徴とする。以上がパルス発振のレーザの代表例である。

【0018】

また上記発明の構成において、前記レーザ発振器 2 は、Ar レーザ、Kr レーザ、 CO_2 レーザ、YAG レーザ、 Y_2O_3 レーザ、 YVO_4 レーザ、YLF レーザ、 YAlO_3 レーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti: サファイヤレーザ、ヘリウムカドミウムレーザ、であることを特徴とする。以上が連続発振レーザの代表例であるが、パルスレーザとして使用しても本発明の本質に何ら影響しないことは先に述べた。連続発振のレーザの発振の強弱は、変調させることが可能であり、YAG レーザなどの溶接用レーザにおいては、細かい時間変調の可能なものが市販されている。

【0019】

また、上記発明の構成において、前記レーザビーム 1 は、可視光線とするため非線形光学素子により高調波に変換されていることを特徴とする。基本波ですでに可視光線であるものは、そのまま使用すればよい。前記非線形光学素子に使わ

れる結晶は、例えばLBOやBBOやKDP、KTPやKB5、CLBOと呼ばれるものを使うと変換効率の点で優れている。これらの非線形光学素子をレーザの共振器の中に入れることで、変換効率を大幅に上げることができる。

【0020】

また、上記発明の構成において、前記レーザビーム1はTEM₀₀で発振されると、得られる長いビームのエネルギー均一性を上げることができるので好ましい。さらには、ビーム幅をより細く集光できることから、より長いビームが得られる。これにより、より効率のよいレーザアニールが可能となる。

【0021】

なお、レーザビームに対して透光性を持つ基板上に成膜された半導体膜をアニールする場合、均一なレーザビームの照射を実現するためには、照射面に垂直な平面であって、かつビームの形状を長方形と見立てたときの短辺を含む面または長辺を含む面のいずれか一方を入射面と定義すると、前記レーザ光の入射角度 ϕ は、入射面に含まれる前記短辺または前記長辺の長さがW、前記照射面に設置され、かつ、前記レーザ光に対して透光性を有する基板の厚さがdであるとき、 $\phi \geq \arctan(W/2d)$ を満たすのが望ましい。複数のレーザビームを使用する場合、この議論は個々のレーザビームについて成り立つ必要がある。なお、レーザビームの軌跡が、前記入射面上にないときは、該軌跡を該入射面に射影したものの入射角度を ϕ とする。この入射角度 ϕ でレーザビームが入射されれば、基板の表面での反射光と、前記基板の裏面からの反射光とが干渉せず、一様なレーザビームの照射を行うことができる。以上の議論は、基板の屈折率を1として考えた。実際は、基板の屈折率が1.5前後のものが多く、この数値を考慮に入れると上記議論で算出した角度よりも大きな計算値が得られる。しかしながら、ビームスポットのエネルギーはビームスポットの端に近づくに従い減衰があるため、この部分での干渉の影響は少なく、上記の算出値で十分に干渉減衰の効果が得られる。この議論は、レーザビーム1に対しても、レーザビーム2に対しても成り立ち両方とも上記不等式を満たしているほうが好ましいが、エキシマレーザのように極端にコヒーレント長の短いレーザに関しては、上記不等式を満たさなくても問題はない。

【0022】

また、前記基板として、ガラス基板、石英基板やシリコン基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス基板、可撓性基板などを用いることができる。前記ガラス基板として、バリウムホウケイ酸ガラス、またはアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラスからなる基板が挙げられる。また、可撓性基板とは、PET、PEES、PEN、アクリルなどからなるフィルム状の基板のことであり、可撓性基板を用いて半導体装置を作製すれば、軽量化が見込まれる。可撓性基板の表面、または表面および裏面にアルミ膜（AlON、AlN、AlOなど）、炭素膜（DLC（ダイヤモンドライクカーボン）など）、SiNなどのバリア層を単層または多層にして形成すれば、耐久性などが向上するので望ましい。上記の ϕ に対する不等式は、基板がレーザービームに対して透光性のあるもの以外には適用されない。なぜならば、この場合、基板の厚さ d が全く意味のない数値となるからである。

【0023】

また、本明細書で開示するレーザー照射方法に関する発明の構成は、可視光線以下の波長であるパルス発振のレーザービーム1を照射面もしくはその近傍にて長いビームに加工し、前記照射面において、前記レーザービーム1が照射される範囲に重なって、基本波であるレーザービーム2をレーザービーム1と同時に照射しながら、前記長いビームに対して前記照射面を相対的に第1方向に移動させ、前記レーザービーム2のエネルギーは、前記パルス発振のレーザービーム1のパルスに同期して変調がかかることを特徴とするレーザー照射方法である。

【0024】

上記発明の構成において、前記レーザービーム1は、Arレーザー、Krレーザー、エキシマレーザー、CO₂レーザー、YAGレーザー、Y₂O₃レーザー、YVO₄レーザー、YLFレーザー、YAlO₃レーザー、ガラスレーザー、ルビーレーザー、アレキサンドライドレーザー、Ti：サファイヤレーザー、銅蒸気レーザーまたは金蒸気レーザーから射出されるものであることを特徴とする。以上がパルス発振のレーザーの代表例である。

【0025】

また上記発明の構成において、前記レーザービーム2は、Arレーザー、Krレーザー、

CO₂レーザ、YAGレーザ、Y₂O₃レーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YalO₃レーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイヤレーザまたはヘリウムカドミウムレーザから射出されるものであることを特徴とする。以上が連続発振レーザの代表例であるが、パルスレーザとして使用しても本発明の本質に何ら影響しないことは先に述べた。

【0026】

また、上記発明の構成において、前記レーザビーム1は非線形光学素子により高調波に変換されていることを特徴とする。前記非線形光学素子に使われる結晶は、例えばLBOやBBOやKDP、KTPやKB5、CLBOと呼ばれるものを使うと変換効率の点で優れている。これらの非線形光学素子をレーザの共振器の中に入れることで、変換効率を大幅に上げることができる。

【0027】

また、上記発明の構成において、前記レーザビーム1はTEM₀₀で発振されると、得られる長いビームのエネルギー均一性を上げ、さらには長いビームをより長くできるので好ましい。

【0028】

レーザビームに対して透光性を持つ基板上に成膜された半導体膜をアニールする場合、均一なレーザビームの照射を実現するためには、照射面に垂直な平面であって、かつビームの形状を長方形と見立てたときの短辺を含む面または長辺を含む面のいずれか一方を入射面と定義すると、前記レーザ光の入射角度 ϕ は、入射面に含まれる前記短辺または前記長辺の長さがW、前記照射面に設置され、かつ、前記レーザ光に対して透光性を有する基板の厚さがdであるとき、 $\phi \geq \arctan(W/2d)$ を満たすのが望ましい。複数のレーザビームを使用する場合、この議論は個々のレーザビームについて成り立つ必要がある。なお、レーザビームの軌跡が、前記入射面上にないときは、該軌跡を該入射面に射影したものの入射角度を ϕ とする。この入射角度 ϕ でレーザビームが入射されれば、基板の表面での反射光と、前記基板の裏面からの反射光とが干渉せず、一様なレーザビームの照射を行うことができる。以上の議論は、基板の屈折率を1として考えた。実際は、基板の屈折率が1.5前後のものが多く、この数値を考慮に入れると上記議論

で算出した角度よりも大きな計算値が得られる。しかしながら、ビームスポットの長手方向の両端のエネルギーは減衰があるため、この部分での干渉の影響は少なく、上記の算出値で十分に干渉減衰の効果が得られる。この議論は、レーザビーム 1 に対しても、レーザビーム 2 に対しても成り立ち両方とも上記不等式を満たしているほうが好ましいが、エキシマレーザのように極端にコヒーレント長の短いレーザに関しては、上記不等式を満たさなくても問題はない。

【0029】

また、前記基板として、ガラス基板、石英基板やシリコン基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス基板、可撓性基板などを用いることができる。上記の ϕ に対する不等式は、基板がレーザビームに対して透光性のあるもの以外には適用されない。なぜならば、この場合、基板の厚さ d が全く意味のない数値となるからである。

【0030】

また、本明細書で開示する半導体装置の作製方法に関する発明の構成は、基板上に半導体膜を形成し、前記半導体膜をレーザの照射面に一致させ、可視光線以下の波長であるパルス発振のレーザビーム 1 を前記照射面にて長いビームに加工し、前記照射面において、前記レーザビーム 1 が照射される範囲に重なって、基本波であるレーザビーム 2 をレーザビーム 1 と同時に照射しながら、前記長いビームに対して前記照射面を相対的に第 1 方向に移動させ、前記レーザビーム 2 のエネルギーは、前記パルス発振のレーザビーム 1 のパルスに同期して変調がかかることを特徴とする工程を含む半導体装置の作製方法である。

【0031】

上記発明の構成において、前記レーザビーム 1 は、Arレーザ、Krレーザ、エキシマレーザ、CO₂レーザ、YAGレーザ、Y₂O₃レーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YalO₃レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイヤレーザ、銅蒸気レーザまたは金蒸気レーザから射出されるものであることを特徴とする。以上がパルス発振のレーザの代表例である。

【0032】

また上記発明の構成において、前記レーザビーム 2 は、Arレーザ、Krレーザ、

CO₂レーザ、YAGレーザ、Y₂O₃レーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YalO₃レーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイヤレーザまたはヘリウムカドミウムレーザから射出されるものであることを特徴とする。以上が連続発振レーザの代表例であるが、パルスレーザとして使用しても本発明の本質に何ら影響しないことは先に述べた。

【0033】

また、上記発明の構成において、前記レーザビーム1は非線形光学素子により高調波に変換されていることを特徴とする。前記非線形光学素子に使われる結晶は、例えばLBOやBBOやKDP、KTPやKB5、CLBOと呼ばれるものを使うと変換効率の点で優れている。これらの非線形光学素子をレーザの共振器の中に入れることで、変換効率を大幅に上げることができる。

【0034】

また、上記発明の構成において、前記レーザビーム1はTEM₀₀で発振されると、得られる長いビームのエネルギー均一性を上げ、さらには長いビームをより長くできるので好ましい。

【0035】

レーザビームに対して透光性を持つ基板上に成膜された半導体膜をアニールする場合、均一なレーザビームの照射を実現するためには、照射面に垂直な平面であって、かつビームの形状を長方形と見立てたときの短辺を含む面または長辺を含む面のいずれか一方を入射面と定義すると、前記レーザ光の入射角度 ϕ は、入射面に含まれる前記短辺または前記長辺の長さがW、前記照射面に設置され、かつ、前記レーザ光に対して透光性を有する基板の厚さがdであるとき、 $\phi \geq \arctan(W/2d)$ を満たすのが望ましい。複数のレーザビームを使用する場合、この議論は個々のレーザビームについて成り立つ必要がある。なお、レーザビームの軌跡が、前記入射面上にないときは、該軌跡を該入射面に射影したものの入射角度を ϕ とする。この入射角度 ϕ でレーザビームが入射されれば、基板の表面での反射光と、前記基板の裏面からの反射光とが干渉せず、一様なレーザビームの照射を行うことができる。以上の議論は、基板の屈折率を1として考えた。実際は、基板の屈折率が1.5前後のものが多く、この数値を考慮に入れると上記議論

で算出した角度よりも大きな計算値が得られる。しかしながら、ビームスポットの長手方向の両端のエネルギーは減衰があるため、この部分での干渉の影響は少なく、上記の算出値で十分に干渉減衰の効果が得られる。この議論は、レーザビーム 1 に対しても、レーザビーム 2 に対しても成り立ち両方とも上記不等式を満たしているほうが好ましいが、エキシマレーザのように極端にコヒーレント長の短いレーザに関しては、上記不等式を満たさなくても問題はない。

【0036】

また、前記基板として、ガラス基板、石英基板やシリコン基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス基板、可撓性基板などを用いることができる。上記の ϕ に対する不等式は、基板がレーザビームに対して透光性のあるもの以外には適用されない。なぜならば、この場合、基板の厚さ d が全く意味のない数値となるからである。

【0037】

【発明の実施の形態】

[実施の形態 1]

本発明の実施形態について図 1 を用いて説明する。本実施形態では、長いビーム 105 及び長いビーム 106 を形成し半導体膜表面 104 に照射する例を示す。

【0038】

まず、パルス発振の 6 W のレーザ発振器 101 (Nd:YLF レーザ、第 2 高調波) を用意する。前記レーザ発振器は、TEM00 の発振モードで、非線形光学素子により第 2 高調波に変換されている。特に第 2 高調波に限定する必要はないがエネルギー効率の点で、第 2 高調波の方が、さらに高次の高調波と比較して優れている。周波数は 1 kHz、パルス幅は 60 ns 程度である。本発明実施の形態ではコンパクトな固体レーザを使用するが、出力が 300 W に達するような大型レーザ、例えば XeCl エキシマレーザなどを用いてもよい。

【0039】

レーザビームは通常水平方向に射出されることから、45° 反射ミラー 102 にて、鉛直方向から角度 ϕ 1 ずれた方向にレーザビーム 1 の進行方向を変換する。本実施形態の場合、 ϕ 1 = 21° とする。次に、光学系 103 によりレーザビー

ム 1 のスポット形状を変形させる。レーザビーム 1 の進行方向を光軸とし、曲率半径 10 mm、厚さ 2 mm の平凹シリンダリカルレンズ A を照射面 104 から光軸に沿って 29 mm の位置に配置する。このとき平凹シリンダリカルレンズ A の母線と照射面 104 に入射するレーザビーム 1 の入射面とを垂直とする。次に曲率半径 15 mm、厚さ 2 mm の平凸シリンダリカルレンズ B を照射面 104 から光軸に沿って 24 mm の位置に配置する。平凸シリンダリカルレンズ B の母線は、前記入射面と平行とする。これにより、照射面 104 において 3×0.2 mm のサイズの長いビーム 1 (106) が形成される。

【0040】

次いで、連続発振の 2 kW のレーザ発振器 110 (Nd:YAG レーザ、基本波) を用意する。 $\phi 300 \mu\text{m}$ の光ファイバー 111 により伝送させ、射出口の方向を下方斜め 45° ($= \phi 2$) とし、その方向の先に長いビーム 1 の中心が来るように配置する。また、レーザ発振器 110 から射出するレーザビーム 2 の光軸 2 に沿って照射面 104 から 105 mm の位置に前記射出口を配置し、前記光軸 2 は前記入射面に含まれるようにする。次に、光学系 112 によりレーザビーム 2 のスポット形状を変形させる。曲率半径 15 mm、厚さ 4 mm の平凸シリンダリカルレンズ C を照射面 104 から光軸 2 に沿って 85 mm の位置に配置する。平凸シリンダリカルレンズ C の母線の方向は入射面と垂直とする。さらに、曲率半径 10 mm、厚さ 2 mm の平凸シリンダリカルレンズ D を光軸 2 に沿って照射面 104 から 25 mm の位置に配置する。平凸シリンダリカルレンズ D の母線は、前記入射面と平行にする。これにより、照射面 104 において、 3×0.1 mm のサイズの長いビーム 2 (105) が形成される。照射面 104 には半導体膜を設置し、水平面と平行とする。半導体膜は例えば、ガラス基板の表面に成膜する。半導体膜が成膜された基板は、本実施形態においては厚さ 0.7 mm のガラス基板であり、レーザ照射の際に基板が落ちないように、吸着ステージ 107 に固定されている。吸着ステージ 107 は、X 軸用の一軸ロボット 108 と Y 軸用の一軸ロボット 109 により、半導体膜表面 104 に平行な面上を XY 方向に動作できる。一般に、ガラス基板は波長が $1 \mu\text{m}$ 程度の基本波や緑色の第 2 高調波に対して透光性を有するが、本光学系が前記不等式を満たすためには、平凸シリンダリカ

ルレンズBと平凸シリンドリカルレンズDの位置を入射面と垂直な方向にずらして長いビームの短径を含む照射面104に垂直な面内において入射角度を持たせ、前記不等式を満たすようにすればよい。この場合、長いビーム1においては、 10° 、長いビーム2においては 5° 程度の傾きがあれば、干渉は起こらない。

【0041】

次に、連続発振のレーザ発振器110の変調をかける方法に関して説明する。変調のタイミングについては、図3で説明した通りである。まず、パルス発振器101から射出されるレーザビームにより、半導体膜を溶融させ、この溶融状態が保たれているうちに、連続発振のレーザ発振器110から射出されるレーザビームの出力を変調させ、半導体膜の溶融状態を維持できる出力まで上昇させる。この出力は、半導体膜の物性や、レーザビームの走査速度などに影響されるが、大体 $50\text{ kW/cm}^2 \sim 500\text{ MW/cm}^2$ の範囲に入っていると適当なエネルギーを選べる可能性が高い。連続発振のレーザ発振器110からの出力の変調は、パルス発振のように行ってもよいが、パルス発振器101の出力を補う意味では、連続発振のレーザ発振器110からの出力は全く0まで落とすより、ある程度の出力以上を保って、連続的に発振しているほうが好ましい。これにより、パルス発振のレーザ発振器のみで得られる長結晶粒領域の幅よりも、連続発振のレーザ発振器が足されたものの幅の方が広くなり、よりスループットの高い装置となる。これを図3で表現すると、(a)のようになる。図3(a)において、本工程に最適なレーザ出力を W_0 とすると、パルス発振のレーザ発振器からの出力を W_0 以下とし、それを連続発振のレーザ発振器からの出力で補い、合計で出力が W_0 に相当するように補えばよい。そして、パルス発振のレーザ発振器からの出力が減衰し始めたときに、連続発振のレーザ発振器の出力を上昇させ、パルス発振のレーザ発振器の出力が消えたところに、連続発振のレーザ発振器からの出力が、 W_0 に達していればよい。このようなく繰り返すにより、長結晶粒領域の幅を大きく維持したまま、半導体膜の結晶化が行える。なお、前記変調は、例えば、連続発振のレーザ発振器のQ値を変調させたり、音響光学素子によりレーザビームの進行方向を2つに分離し、0次光と1次光の出力のバランスを変化させたりすることで行う。

【0042】

次に、半導体膜の作製方法の例を示す。前記半導体膜はガラス基板上に形成する。具体的には、厚さ 0.7 mm のガラス基板の片面に厚さ 200 nm の酸化窒化シリコンを成膜しその上に厚さ 70 nm の a-Si 膜をプラズマ CVD 法にて成膜する。さらに半導体膜のレーザに対する耐性を高めるために、500℃1時間の熱アニールを該半導体膜に対して行う。前記熱アニールの他に、従来技術の項目で述べた金属元素による半導体膜の結晶化を行ってもよい。どちらの膜を使っても、最適なレーザビームの照射条件はほぼ同様である。

【0043】

ついで、前記半導体膜（照射面 104 に相当）に対するレーザの照射の例を示す。Y 軸ロボット 109 を使って長いビーム 105 の短径方向に半導体膜が成膜された基板を走査させることにより、長いビーム 105 の長径方向、幅 1～2 mm の領域に、走査方向に長く伸びた単結晶の粒が敷き詰められた状態で形成される。前記領域は、本明細書中において、長結晶粒領域と称するものである。このときレーザ発振器の出力は、図 3 に示すパターンで変化させる。前記走査のとき、第 2 高調波が半導体膜に照射されて、半導体膜が熔融状態となってから、基本波がその熔融領域に作用し、第 2 高調波のパルスが消えた後も、その熔融領域を保持したままとなる。前記熔融領域は、前記走査により一方向に移動し、これにより走査方向に長く伸びた単結晶の粒が形成される。その後、次のパルス（第 2 高調波）が照射され、熔融状態が消失しないうちに、エネルギーが補われる。走査速度は数 cm/s ～数百 cm/s 程度が適当であり、ここでは 50 cm/s とする。

【0044】

図 6 に半導体膜全面を長結晶粒領域とする照射方法を示す。識別を容易にするため図中の符号は図 1 と同じものを使った。半導体膜が成膜された基板を吸着ステージ 107 に固定し、レーザ発振器 101 及びレーザ発振器 110 を発振させる。まず Y 軸ロボット 109 により走査速度 50 cm/s にて、半導体膜表面を 1 筋走査する。前記 1 筋は図 6 中において、A1 の部分に相当する。図 6 中、Y 軸ロボットにて、往路 Am（m は正の整数）の部分レーザ照射した後、X 軸ロボット 108 により、長結晶粒領域の幅分だけ長いビームをその長径方向にスライドさせ

、復路Bmの部分にレーザ照射する。ただし、長結晶粒領域の幅方向における両端には、どうしてもエネルギーの不足する領域が形成され、エキシマレーザで結晶化したような従来の多結晶で占められる領域が形成されるため、該領域を往路と復路で重ねると、最も半導体膜の利用効率が高く好ましい。また、該領域には高特性を要求される半導体素子を形成しないようにすることが肝要である。このような一連の動作を繰り返すことにより、半導体膜全面を長結晶粒領域とすることができる。なお、長結晶粒領域の半導体膜の特性は非常に高く特にTFTなどの半導体素子を作製した場合には極めて高い電気移動度を示すことが期待できるが、そのような高い特性が必要でない半導体膜の部分には長結晶粒領域を形成する必要がない。よって、そのような部分にはレーザビームを照射しない、もしくは長結晶粒領域を形成しないようにレーザ照射を行ってもよい。長結晶粒領域を形成しないで効率よく半導体膜をアニールするには、例えば、走査速度を増加させればよい。例えば、2 m/s 程度の速度で走査させれば、a-Si を非晶質化させることができるが、このとき長結晶粒領域は形成されず、一般に形成されるp-Si膜が形成される。前記速度は、照射対象により異なることは言うまでも無いが、本発明実施の形態にて作製例を示した膜に対しては、概ね適当な値である。以上のような方法によって、得た半導体膜をもとに公知の方法で半導体装置を作製する。半導体装置の作製方法の例は、実施例にて示す。

【0045】

[実施の形態2]

本実施形態では、基本波を出力するレーザを複数台使うことで、実施の形態1で示した第2高調波を成形して得られる長いビームの長さをより長くする例を図2に沿って示す。

【0046】

まず、パルス発振の30Wのレーザ発振器201（KrFエキシマレーザ、波長（248nm））を用意する。前記レーザ発振器は、100Hz発振し、1パルスあたり300mJの出力を出すことができる。ビームサイズは適当な光学系により長さ2mm×1mmに加工する。エネルギー分布は均一とし、用いる光学系には、例えばシリンドリカルレンズアレイやシリンドリカルレンズを組み合わせたホモジ

ナイザを使用する。その他、ライトパイプや、その他のインテグレイトレンズを用いてエネルギー分布を均一化してもよい。半導体膜をエキシマレーザにて結晶化させる場合、最適なエネルギー密度は、概ね $200 \sim 1000 \text{ mJ/cm}^2$ の範囲に入る。よって、上記のようなビームサイズでは、エネルギー密度が 1500 mJ/cm^2 程度となるため、適当でない。このような場合は、NDフィルターや、ビームスプリッターなどを用い、適切なエネルギー密度まで、エネルギーを減衰させるとよい。あまりにもエネルギー密度の強いビームをNDフィルターに照射すると、フィルターが割れる恐れがあるため、ビームスプリッターなど、熱をほとんど吸収しないものを使って、エネルギーを減衰させることが安全で好ましい。ビームスプリッターで分離されたビームの不要なものは、ダンパーなどに吸収させ、より安全を図ることが賢明である。なお、エキシマレーザの場合は、コヒーレント長が非常に短いため、半導体膜に入射するビームの角度は全く気にする必要がない。

【0047】

次に、出力 2000 W のレーザ発振器 210 及び 214 (Nd:YAGレーザ、CW、基本波 ($1.064 \mu\text{m}$)) を用意する。該レーザ発振器はLD励起方式が好ましく、寿命やメンテナンス性に優れている。両レーザ発振器から射出されたレーザビームは、直径 1 mm のステップインデックスの光ファイバー 211a と 213a とにそれぞれ通され、光ファイバーから射出後、倍率 1 倍の集光レンズ 211b、213b にて、それぞれ直径 1 mm の丸状のビームに成形される。該丸状のビームは、半導体膜上での干渉の発生を防ぐため、入射角度 55 度以上で、半導体膜に入射させると好ましい。本発明実施の形態においては、該入射角度を 55 度とし、半導体膜上で、約 $1.5 \times 1 \text{ mm}$ の楕円状のビーム 206、212 を形成する。ビームが楕円状となるのは、入射角度が 0 度でないためである。楕円状のビーム 206 と 212 の両方で長いビーム 205 を覆うように配置する。

【0048】

前記配置は、例えば図 2 b) に記載したようにし、第 2 高調波により出来る長いビーム 205 の長径の方向の両側に、基本波による楕円状のビーム 206、212 を配置し、楕円状のビームそれぞれの長径を同一直線上に乗せるようにする。

2つの楕円状のビームの間の距離を適当に調節することで、半導体膜上における基本波によるビームのエネルギー分布を一様とすることができる。つまり通常レーザービームは、スポットの中央のエネルギーが最も強く、その周辺部にいくに従いエネルギーが減衰する、ガウシアンライクのエネルギー分布を持つ。よって、基本波により形成された楕円状のビーム206、212も、その両端のエネルギーはその中央のエネルギーと比較して弱く、レーザーアニールの均一性に影響する。よって、エネルギーの減衰部分を補いあうように、2つの楕円状のビームを配置すれば、2つ楕円状のビームの間とその近傍に渡り、比較的エネルギー分布の一様な領域を得ることが可能となる。

【0049】

光学系を上記説明のように配置した後、半導体膜に対してレーザー照射を行う。照射の方法は、実施形態1に示した通りであるが、本実施形態の場合は、パルスレーザーのエネルギー分布も、基本波のエネルギー分布も、半導体膜の溶融領域においては比較的均一であることから、より半導体素子の特性を揃える必要のある半導体装置に本実施形態は特に有効となる。基本波のビームを半導体膜上でより均一なエネルギー分布としたい場合は、カライドスコープなどの光学系を用い、楕円状ではなく矩形状のビームを半導体膜上に形成し、本実施形態が示すようなレーザー照射を行えばよい。これにより、エネルギー分布の均一な長いビーム205が消失した後も、比較的均一なエネルギー分布のレーザービーム（基本波）を半導体膜に与えつづけることが可能となる。

【0050】

ついで、半導体膜204に対するレーザーの照射の例を示す。半導体膜204は例えば、実施の形態1に記載の方法で作製する。Y軸ロボット209を使って長いビーム205の短径方向に半導体膜204が成膜された基板を走査させ、さらに図3に示したようにレーザー発振器210、214の出力を変調させることにより、長いビーム205の長径方向、幅2mmの領域に、走査方向に長く延びた単結晶の粒が敷き詰められた状態で形成できる。前記走査のとき、先に基本波が半導体膜204に照射され、その後、第2高調波が照射され、最後に基本波が再び照射される。これにより、半導体膜204の急激な温度変化を抑えることが可能と

なる。このとき、高調波のレーザビームの入射角度は 55° 以上とする。これにより干渉が抑制されるので、より均一なレーザの照射が可能となる。基本波の楕円状のビーム206、212の補助がないと、長結晶粒領域は形成されないが、前記補助のため、パルス発振のパルス間、基本波が半導体膜に連続的に照射され続けるため、前記長結晶粒領域が形成され、その幅は2mm程度となる。これは、連続発振の可視光線のレーザ1台により形成されうる長結晶領域の幅の10倍程度の大きさとなる。

【0051】

上記の工程により、エネルギー分布の均一なレーザアニールが可能となるがやはり前記長結晶粒領域の幅方向における両端部分においては、温度の低い部分でのアニールが施されており、この部分に作製される半導体素子の特性低下が懸念される。よって、この部分には半導体素子を作製しないか、あるいは、長いビームをその長径方向にオーバーラップさせて走査させることで、半導体素子の特性が低下するような領域を消失させることを行ってもよい。例えば、前記長結晶粒領域の幅2mmのうち、特性の低下が懸念される領域が、その両端の $30\mu\text{m}$ ずつあると仮定すると、有効に使用できる前記長結晶粒領域の幅は $1940\mu\text{m}$ となる。よって、Y軸ロボット209により1方向の走査で、半導体膜204を結晶化した後、X軸ロボットを $1940\mu\text{m}$ 動かして、再びY軸ロボット209の走査により長結晶粒領域を形成することを繰り返せば、前記特性の低下が懸念される領域は特性のよい領域で塗りつぶすことが可能である。しかしながら、前記特性の低下が懸念される領域が一旦形成された領域は、他の長結晶粒領域と比較して、半導体特性が少なからず異なる。前記特性の低下が懸念される領域には半導体素子を形成したくないのであれば、X軸ロボットを $1970\mu\text{m}$ ずつ移動させることで、前記特性の低下が懸念される領域を隣り合う走査で重ねることができるので、半導体膜上の無駄を極小に抑えることが可能となる。この場合は、幅 $1940\mu\text{m}$ に渡り、有効に利用できる半導体膜と、幅 $30\mu\text{m}$ の使えない領域が交互に形成される。半導体膜204を全面に渡り結晶化させる、または、一部を結晶化させるためには、例えば、実施の形態1に記載の、図6に沿った説明に従えばよい。以上のような方法によって、得た半導体膜をもとに公知の方法で半導体

装置を作製する。半導体装置の作製方法の例は、実施例にて示す。

【0052】

[実施の形態3]

本実施形態では、第2高調波を成形して得られる長いビームを幾つか組み合わせ、より長いビームを形成し、さらに、基本波によりエネルギーの補助を施す例を図4に沿って示す。

【0053】

まず、図示しないパルス発振の6Wのレーザ発振器101(Nd:YLFレーザ、第2高調波)を4台用意する。前記レーザ発振器は、TEM00の発振モードで、非線形光学素子により第2高調波に変換されている。特に第2高調波に限定する必要はないがエネルギー効率の点で、第2高調波の方が、さらに高次の高調波と比較して優れている。周波数は1kHz、パルス幅は60ns程度である。本発明実施の形態ではコンパクトな固体レーザを使用するが、出力が300Wに達するような大型レーザ、例えばXeClエキシマレーザなどを用いてもよい。

【0054】

反射ミラーを幾つか使用することで、鉛直方向から角度 β ずれた方向にレーザビームの進行方向をそれぞれ変換し、照射面にてほぼ1つに合成されるように4方向から入射させる。前記4方向は、それぞれ光軸A、光軸B、光軸C、光軸Dと一致させる。光軸Aと光軸B、及び、光軸Cと光軸Dは、照射面に対し垂直な平面Aに対し面对称に位置させ、光軸Aと光軸Bとのなす角度、及び、光軸Cと光軸Dの成す角度、をそれぞれ 10° とする。また、平面Aと照射面に垂直な平面Bに対して、光軸Aと光軸C、及び、光軸Bと光軸DをD面对称に位置させ、光軸Aと光軸Bを含む平面Cと、光軸Cと光軸Dを含む平面Dとの成す角度を 25° とする。

【0055】

次に、焦点距離150mmの平凸シリンドリカルレンズ401a、401b、401c、及び401dを、前記光軸A、光軸B、光軸C、及び光軸Dにそれぞれ 0° 入射させるよう配置する。このとき前記平凸シリンドリカルレンズの集光方向は平面Cまたは平面Dに含まれる方向とする。前記平凸シリンドリカルレンズ401と照射面との距離はそれぞれの光軸上で測って180～300mmの間で調整する。

【0 0 5 6】

さらに、焦点距離 2 0 mm の平凸シリンドリカルレンズ 4 0 2 a 及び 4 0 2 b の母線が、前記平面 C 及び平面 D にそれぞれ含まれるように配置する。前記母線は、シリンドリカルレンズの曲面部における、シリンドリカルレンズの平面部から最も離れた場所に位置する母線とする。また、前記、平凸シリンドリカルレンズ 4 0 2 a 及び 4 0 2 b の平面部と、前記平面 C 及び平面 D とは、互いにそれぞれ直交するように配置する。前記平凸シリンドリカルレンズ 4 0 2 と照射面との距離はそれぞれの光軸上で測って約 1 8 mm の辺りで調整する。

【0 0 5 7】

以上の配置により、長径 1 mm、短径 6 0 0 μ m 程度のサイズの楕円状のビームが 4 つ、照射面において形成される。このままでは、前記照射面において、4 つのビームは完全に 1 つに合成されるので、より長いビームを形成することは出来ないが、各レンズの位置を微調整することで、図 4 b) に記載したような配置に変換することができる。すなわち、4 つ楕円状のビーム 4 0 5 a、4 0 5 b、4 0 5 c 及び 4 0 5 d の長径を一直線上に配置し、それらを前記直線の方に互いにずらし合わせることで、楕円状のビームを長いビーム 4 0 5 とすることができる。これにより、幅 3 mm の長さに渡りエネルギー分布の均一な領域が得られる。4 つのパルス発振のレーザは同期させ、同時に半導体膜に照射されるように周波数と、パルスのタイミングを揃える。

【0 0 5 8】

次に、出力 2 0 0 0 W の CW の LD 励起 YAG レーザ（基本波）を用い、光学系 4 0 4 により 3 . 0 \times 0 . 3 mm の矩形状のビーム 4 0 5 e を照射面に形成する。このとき前記長いビーム 4 0 5 に重なるように前記矩形状のビーム 4 0 5 e を形成する。用いる光学系 4 0 4 は例えば、カライドスコープなどを集光レンズと組み合わせ用いるとよい。ここで重要なのは、決して基本波をレーザ発振器に戻してはならないということである。半導体膜の表面からは、相当の反射があることから、基本波のレーザビームを照射面に対して垂直に入射させることだけはやってはならない。

【0 0 5 9】

以上のようにして形成した長いビームを用い、例えば実施形態1で示したX軸用の一軸ロボット108とY軸用の一軸ロボット109などを用いて半導体膜を全面結晶化すればよい。このとき、基本波は、パルス発振のレーザのパルスと同期させ、図3に示すような変調をかける。半導体膜は例えば、実施形態1で示した方法にて作製すればよい。本実施形態を用いる利点は、より長いビームが出来ているので処理時間が短く済み、また、ガウシアンライクのエネルギー分布を持つ楕円状のビーム405a、405b、405c、405dを互いにオーバーラップさせて隣接させることでエネルギー分布を楕円状ビームの長径方向に均一化できるため、比較的温度のムラが抑えられるので好ましい。以上のような方法によって、得た半導体膜をもとに公知の方法で半導体装置を作製する。半導体装置の作製方法の例は、実施例にて示す。

【0060】

[実施の形態4]

本実施形態では、第2高調波を成形して得られる長いビームをガルバノミラーなどの偏向手段を用いて、さらに、基本波によりエネルギーの補助を施す例を図5に沿って示す。

【0061】

まず、パルス発振の6Wのレーザ発振器500(Nd:YLFレーザ、第2高調波)を用意する。前記レーザ発振器は、TEM00の発振モードで、非線形光学素子により第2高調波に変換されている。特に第2高調波に限定する必要はないがエネルギー効率の点で、第2高調波の方が、さらに高次の高調波と比較して優れている。周波数は1kHz、パルス幅は60ns程度である。本発明実施の形態ではコンパクトな固体レーザを使用するが、出力が300Wに達するような大型レーザ、例えばXeClエキシマレーザなどを用いてもよい。このビームは丸型なので、これを長楕円形に変換する光学系501に入射させる。変換手段は、例えば、シリンダリカルレンズ2枚構成のビームエキスパンダーとし、1方向だけビームを伸ばし楕円形としてもよい。また、通常の球面レンズで構成されるビームエキスパンダーを前記ビームエキスパンダーに組み合わせて用い、広がり角を制御してもよい。次いで、ミラー502によりレーザビームの進行方向を変え、ガルバノミラー5

03にて、楕円形状に変換されたレーザービームを偏向する。偏向されたレーザービームは $f\theta$ レンズ504を介し、半導体膜506が形成する平面上に到達する。 $f\theta$ レンズにより、楕円形状に変換された前記レーザービームを前記平面上で集光する。これにより、例えば短径 $200\mu\text{m}$ 、長径 3mm の長いビーム505が前期平面上に形成される。ガルバノミラー503の角度を変化させることで、前記平面上において、前記長いビーム505が図面の矢印の方向に走査させる。ガルバノミラーの角度による長いビーム505の形状の変化は $f\theta$ レンズ504により抑えられる。レーザービームの半導体膜506に対する入射角度は 6.5° とする。これにより半導体膜506上における、半導体膜506表面からのレーザービームの反射光と半導体膜506が成膜された基板の裏面からのレーザービームの反射光との干渉の発生を防ぐことができる。本実施形態では、ガルバノミラー503は1枚構成で用い、1軸のみの走査とする。これでは、2次元平面の全面走査ができないので、前記基板を1軸ステージ507に載せ、図5紙面の左右方向に動作させ、基板全面をアニールできるようにする。長いビーム505の走査の速度は、 $100\sim 2000\text{mm/s}$ とし、好ましくは 500mm/s 程度とする。

【0062】

第2高調波により形成される長いビーム505に合わせて同時に半導体膜506に基本波を照射するため、出力 2000W のLD励起のYAGレーザー508を用いる。YAGレーザー508から射出されたレーザービームは、 $\phi 1\text{mm}$ のステップインデックス型の光ファイバー509に入射し、エネルギー分布を一様にされる。光ファイバー509から射出したレーザービームは、倍率1倍の集光レンズ510により集光され、入射角度 70° で半導体膜に入射させる。これにより半導体膜上では、 $1\times 3\text{mm}$ 程度の楕円状のビーム512が形成される。楕円状のビーム512は、長いビーム505の動作に同調させるように走査させる必要があるが、本方法に関しては、例えば、光ファイバー509と集光レンズ510をユニット化することで光学系511を形成し、光学系511を図示しないレールに設置し、そのレール上を光学系511が左右に動作するようにさせてもよい。これは、光ファイバー509のフレキシビリティにより実現可能となる。あるいは、第2高調波を走査させる方法と同様に、ガルバノミラーやポリゴンミラーによる走査を

行っても良い。

【0063】

半導体膜506の全面をレーザアニールするために、例えば、ガルバノミラー503を半周期動作させるのに同期させて光学系511を1方向に動作させた後、1軸ステージ507を長結晶粒領域の幅の分だけ移動させ、再びガルバノミラー503を半周期動作させ、これに同期させて光学系511を1方向に動作させることを繰り返し行えばよい。このとき、長いビーム505と楕円状のビーム512とが、照射面において分離しないように、制御性の高い動作系を用意する必要がある。本実施形態では、前記長結晶粒領域の幅は3mm程度であり、その分だけ1軸ステージ507を順次送っていけばよい。以上のような方法によって、得た半導体膜をもとに公知の方法で半導体装置を作製する。半導体装置の作製方法の例は、実施例にて示す。

【実施例】

(実施例1)

本実施例では上記発明実施の形態で作製方法の例を示した半導体膜を使ってアクティブマトリクス基板を作製する方法の例について図7、図8を用いて説明する。

【0064】

まず、本実施例ではコーニング社の#7059ガラスや#1737ガラスなどに代表されるバリウムホウケイ酸ガラス、またはアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラスからなる基板700を用いる。なお、基板700としては、石英基板やシリコン基板、金属基板またはステンレス基板の表面に絶縁膜を形成したものをを用いても良い。また、本実施例の処理温度に耐えうる耐熱性が有するプラスチック基板を用いてもよい。

【0065】

次いで、基板700上に酸化珪素膜、窒化珪素膜または酸化窒化珪素膜などの絶縁膜から成る下地膜701を形成する。本実施例では下地膜701として2層構造を用いるが、前記絶縁膜の単層膜または2層以上積層させた構造を用いても良い。下地膜701の一層目としては、プラズマCVD法を用い、 SiH_4 、N

H₃、及びN₂Oを反応ガスとして成膜される酸化窒化珪素膜701aを10～200nm（好ましくは50～100nm）形成する。本実施例では、膜厚50nmの酸化窒化珪素膜701a（組成比Si=32%、O=27%、N=24%、H=17%）を形成した。次いで、下地膜701の二層目としては、プラズマCVD法を用い、SiH₄、及びN₂Oを反応ガスとして成膜される酸化窒化珪素膜701bを50～200nm（好ましくは100～150nm）の厚さに積層形成する。本実施例では、膜厚100nmの酸化窒化珪素膜701b（組成比Si=32%、O=59%、N=7%、H=2%）を形成した。

【0066】

次いで、下地膜上に半導体膜702を形成する。半導体膜702は、非晶質構造を有する半導体膜を公知の手段（スパッタ法、LPCVD法、またはプラズマCVD法等）により、25～80nmの厚さで形成する。半導体膜の材料に限定はないが、好ましくは珪素または珪素ゲルマニウム（SiGe）合金などで形成すると良い。続いて、レーザ結晶化法を行なって得られた結晶質半導体膜を所望の形状にパターニングして、半導体層802～806を形成する。もちろん、レーザ結晶化法だけでなく、他の公知の結晶化処理（RTAやファーネスアニール炉等を利用した熱結晶化法、ニッケルなどの触媒を用いた熱結晶化法等）と組み合わせて行なってもよい。

【0067】

レーザ結晶化法で結晶質半導体膜を作製するには、パルス発振型または連続発光型の、エキシマレーザ、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、Ti：サファイアレーザ等を用いることができる。これらのレーザを用いる場合には、レーザから放射されたレーザビームを光学系で矩形状または楕円状に集光し半導体膜に照射する方法を用いると良い。結晶化の条件は実施者が適宜選択する。

【0068】

本実施例では、プラズマCVD法を用い、66nmの非晶質珪素膜を成膜する。そして、本発明が示す、例えば連続発振のYAGレーザの基本波と連続発振のYVO₄レーザの第2高調波を用いたレーザ結晶化法により結晶質珪素膜を形成

する。そして、この結晶質珪素膜をもとに、フォトリソグラフィ法を用いたパターンニング処理によって、半導体層 802～806 を形成する。

【0069】

半導体層 802～806 を形成した後、TFT のしきい値を制御するために微量な不純物元素（ボロンまたはリン）のドーピングを行なってもよい。

【0070】

次いで、半導体層 802～806 を覆うゲート絶縁膜 807 を形成する。ゲート絶縁膜 807 はプラズマ CVD 法またはスパッタ法を用い、厚さを 40～150 nm として珪素を含む絶縁膜で形成する。本実施例では、プラズマ CVD 法により 110 nm の厚さで酸化窒化珪素膜（組成比 Si = 32%、O = 59%、N = 7%、H = 2%）で形成した。もちろん、ゲート絶縁膜は酸化窒化珪素膜に限定されるものでなく、他の珪素を含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0071】

また、酸化珪素膜を用いる場合には、プラズマ CVD 法で TEOS (Tetraethyl Orthosilicate) と O₂ とを混合し、反応圧力 40 Pa、基板温度 300～400℃ とし、高周波（13.56 MHz）電力密度 0.5～0.8 W/cm² で放電させて形成することができる。このようにして作製される酸化珪素膜は、その後 400～500℃ の熱アニールによりゲート絶縁膜として良好な特性を得ることができる。

【0072】

次いで、図 7 (B) に示すように、ゲート絶縁膜 807 上に膜厚 20～100 nm の第 1 の導電膜 808 と、膜厚 100～400 nm の第 2 の導電膜 809 とを積層形成する。本実施例では、膜厚 30 nm の TaN 膜からなる第 1 の導電膜 808 と、膜厚 370 nm の W 膜からなる第 2 の導電膜 809 を積層形成した。TaN 膜はスパッタ法で形成し、Ta のターゲットを用い、窒素を含む雰囲気内でスパッタした。また、W 膜は、W のターゲットを用いたスパッタ法で形成した。その他に 6 フッ化タンゲステン (WF₆) を用いる熱 CVD 法で形成することもできる。いずれにしてもゲート電極として使用するためには低抵抗化を図る必

要があり、W膜の抵抗率は $20\mu\Omega\text{cm}$ 以下にすることが望ましい。W膜は結晶粒を大きくすることで低抵抗率化を図ることができるが、W膜中に酸素などの不純物元素が多い場合には結晶化が阻害され高抵抗化する。従って、本実施例では、高純度のW（純度99.9999%）のターゲットを用いたスパッタ法で、さらに成膜時に気相中からの不純物の混入がないように十分配慮してW膜を形成することにより、抵抗率 $9\sim 20\mu\Omega\text{cm}$ を実現することができた。

【0073】

なお、本実施例では、第1の導電膜808をTa₂N₅、第2の導電膜809をWとしたが、特に限定されず、いずれもTa、W、Ti、Mo、Al、Cu、Cr、Ndから選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で形成してもよい。また、リン等の不純物元素をドーピングした結晶質珪素膜に代表される半導体膜を用いてもよい。また、AgPdCu合金を用いてもよい。また、第1の導電膜をタンタル（Ta）膜で形成し、第2の導電膜をW膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化チタン（TiN）膜で形成し、第2の導電膜をW膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル（Ta₂N₅）膜で形成し、第2の導電膜をAl膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル（Ta₂N₅）膜で形成し、第2の導電膜をCu膜とする組み合わせとしてもよい。

【0074】

次に、フォトリソグラフィ法を用いてレジストからなるマスク810～815を形成し、電極及び配線を形成するための第1のエッチング処理を行なう。第1のエッチング処理では第1及び第2のエッチング条件で行なう。本実施例では第1のエッチング条件として、ICP（Inductively Coupled Plasma：誘導結合型プラズマ）エッチング法を用い、エッチング用ガスにCF₄とCl₂とO₂とを用い、それぞれのガス流量比を25/25/10（sccm）とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF（13.56MHz）電力を投入してプラズマを生成してエッチングを行った。ここでは、松下電器産業（株）製のICPを用いたドライエッチング装置（Model E645-□ICP）を用いた。基板側（試料ステージ）にも150WのRF（13.56MHz）電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。この第1のエッチング条件によりW膜をエッチングして第1の

導電層の端部をテーパ形状とする。

【0075】

この後、レジストからなるマスク 810～815 を除去せずに第2のエッチング条件に変え、エッチング用ガスに CF_4 と Cl_2 とを用い、それぞれのガス流量比を 30/30 (sccm) とし、1Paの圧力でコイル型の電極に 500WのRF (13.56MHz) 電力を投入してプラズマを生成して約30秒程度のエッチングを行った。基板側 (試料ステージ) にも 20WのRF (13.56MHz) 電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。 CF_4 と Cl_2 を混合した第2のエッチング条件ではW膜及びTa₂N膜とも同程度にエッチングされる。なお、ゲート絶縁膜上に残渣を残すことなくエッチングするためには、10～20%程度の割合でエッチング時間を増加させると良い。

【0076】

上記第1のエッチング処理では、レジストからなるマスクの形状に適したものとすることにより、基板側に印加するバイアス電圧の効果により第1の導電層及び第2の導電層の端部がテーパ形状となる。このテーパ部の角度は15～45°となる。こうして、第1のエッチング処理により第1の導電層と第2の導電層から成る第1の形状の導電層 817～822 (第1の導電層 817a～822aと第2の導電層 817b～822b) を形成する。816はゲート絶縁膜であり、第1の形状の導電層 817～822で覆われない領域は20～50nm程度エッチングされ薄くなった領域が形成される。

【0077】

そして、レジストからなるマスクを除去せずに第1のドーピング処理を行い、半導体層にn型を付与する不純物元素を添加する。(図8(A)) ドーピング処理はイオンドーピング法、若しくはイオン注入法で行なえば良い。イオンドーピング法の条件はドーズ量を $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ とし、加速電圧を 60～100keVとして行なう。本実施例ではドーズ量を $1.5 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ とし、加速電圧を 80keVとして行った。n型を付与する不純物元素として15族に属する元素、典型的にはリン(P)または砒素(As)を用いるが、ここではリン(P)を用いた。この場合、導電層 817～821がn型を付与する不純物元

素に対するマスクとなり、自己整合的に第1の高濃度不純物領域706～710が形成される。第1の高濃度不純物領域706～710には $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ の濃度範囲でn型を付与する不純物元素を添加する。

【0078】

次いで、レジストからなるマスクを除去せずに第2のエッチング処理を行なう。ここでは、エッチングガスに CF_4 と Cl_2 と O_2 とを用い、W膜を選択的にエッチングする。この時、第2のエッチング処理により第2の導電層828b～833bを形成する。一方、第1の導電層817a～822aは、ほとんどエッチングされず、第2の形状の導電層828～833を形成する。

【0079】

次いで、レジストからなるマスクを除去せずに、図8(B)に示すように、第2のドーピング処理を行なう。この場合、第1のドーピング処理よりもドーズ量を下げて、70～120 keVの高い加速電圧で、n型を付与する不純物元素を導入する。本実施例ではドーズ量を $1.5 \times 10^{14} / \text{cm}^2$ とし、加速電圧を90 keVとして行なった。第2のドーピング処理は第2の形状の導電層828～833をマスクとして用い、第2の導電層828b～833bの下方における半導体層にも不純物元素が導入され、新たに第2の高濃度不純物領域823a～827aおよび低濃度不純物領域823b～827bが形成される。

【0080】

次いで、レジストからなるマスクを除去した後、新たにレジストからなるマスク834aおよび834bを形成して、図8(C)に示すように、第3のエッチング処理を行なう。エッチング用ガスに SF_6 および Cl_2 とを用い、ガス流量比を50/10 (sccm)とし、1.3 Paの圧力でコイル型の電極に500 WのRF (13.56 MHz) 電力を投入してプラズマを生成し、約30秒のエッチング処理を行なう。基板側(資料ステージ)には10 WのRF (13.56 MHz) 電力を投入し、実質的には不の自己バイアス電圧を印加する。こうして、前記大3のエッチング処理により、pチャネル型TF Tおよび画素部のTF T(画素TF T)のTa N膜をエッチングして、第3の形状の導電層835～838を形成する。

【0081】

次いで、レジストからなるマスクを除去した後、第2の形状の導電層828、830および第2の形状の導電層835～838をマスクとして用い、ゲート絶縁膜816を選択的に除去して絶縁層839～844を形成する。(図9(A))

【0082】

次いで、新たにレジストからなるマスク845a～845cを形成して第3のドーピング処理を行なう。この第3のドーピング処理により、pチャネル型TFETの活性層となる半導体層に前記一導電型とは逆の導電型を付与する不純物元素が添加された不純物領域846、847を形成する。第2の導電層835a、838aを不純物元素に対するマスクとして用い、p型を付与する不純物元素を添加して自己整合的に不純物領域を形成する。本実施例では、不純物領域846、847はジボラン(B_2H_6)を用いたイオンドープ法で形成する。(図9(B)) この第3のドーピング処理の際には、nチャネル型TFETを形成する半導体層はレジストからなるマスク845a～845cで覆われている。第1のドーピング処理及び第2のドーピング処理によって、不純物領域846、847にはそれぞれ異なる濃度でリンが添加されているが、そのいずれの領域においてもp型を付与する不純物元素の濃度を $2 \times 10^{20} \sim 2 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ となるようにドーピング処理することにより、pチャネル型TFETのソース領域およびドレイン領域として機能するために何ら問題は生じない。本実施例では、pチャネル型TFETの活性層となる半導体層の一部が露呈しているため、不純物元素(ボロン)を添加しやすい利点を有している。

【0083】

以上までの工程で、それぞれの半導体層に不純物領域が形成される。

【0084】

次いで、レジストからなるマスク845a～845cを除去して第1の層間絶縁膜41を形成する。この第1の層間絶縁膜861としては、プラズマCVD法またはスパッタ法を用い、厚さを100～200nmとして珪素を含む絶縁膜で形成する。本実施例では、プラズマCVD法により膜厚150nmの酸化窒化珪

素膜を形成した。もちろん、第1の層間絶縁膜861は酸化窒化珪素膜に限定されるものでなく、他の珪素を含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0085】

次いで、図9(C)に示すように、加熱処理を行なって、半導体層の結晶性の回復、それぞれの半導体層に添加された不純物元素の活性化を行なう。この加熱処理はファーネスアニール炉を用いる熱アニール法で行なう。熱アニール法としては、酸素濃度が1ppm以下、好ましくは0.1ppm以下の窒素雰囲気中で400~700℃、代表的には500~550℃で行えばよく、本実施例では550℃、4時間の熱処理で活性化処理を行った。なお、熱アニール法の他に、レーザアニール法、またはラピッドサーマルアニール法(RTA法)を適用することができる。レーザアニール法については発明実施の形態で示した方法を採用してもよいが、与えるエネルギー密度によっては、ゲートなどがアブレーションなどを起こす場合もあるため、条件には注意する必要がある。

【0086】

また、第1の層間絶縁膜を形成する前に加熱処理を行なっても良い。ただし、用いた配線材料が熱に弱い場合には、本実施例のように配線等を保護するため層間絶縁膜(珪素を主成分とする絶縁膜、例えば窒化珪素膜)を形成した後で活性化処理を行なうことが好ましい。

【0087】

さらに、3~100%の水素を含む雰囲気中で、300~550℃で1~12時間の熱処理を行ない、半導体層を水素化する工程を行なう。本実施例では水素を約3%の含む窒素雰囲気中で410℃、1時間の熱処理を行った。この工程は層間絶縁膜に含まれる水素により半導体層のダングリングボンドを終端する工程である。水素化の他の手段として、プラズマ水素化(プラズマにより励起された水素を用いる)を行なっても良い。

【0088】

また、活性化処理として従来のレーザアニール法を用いる場合には、上記水素化を行った後、エキシマレーザやYAGレーザ等のレーザビームを照射すること

が望ましい。

【0089】

次いで、第1の層間絶縁膜861上に無機絶縁膜材料または有機絶縁物材料から成る第2の層間絶縁膜862を形成する。本実施例では、膜厚 $1.6\mu\text{m}$ のアクリル樹脂膜を形成したが、粘度が $10\sim 1000\text{cp}$ 、好ましくは $40\sim 200\text{cp}$ のものをを用い、表面に凸凹が形成されるものを用いた。

【0090】

本実施例では、鏡面反射を防ぐため、表面に凸凹が形成される第2の層間絶縁膜を形成することによって画素電極の表面に凸凹を形成した。また、画素電極の表面に凹凸を持たせて光散乱性を図るため、画素電極の下方の領域に凸部を形成してもよい。その場合、凸部の形成は、TF Tの形成と同じフォトマスクで行なうことができるため、工程数の増加なく形成することができる。なお、この凸部は配線及びTF T部以外の画素部領域の基板上に適宜設ければよい。こうして、凸部を覆う絶縁膜の表面に形成された凸凹に沿って画素電極の表面に凸凹が形成される。

【0091】

また、第2の層間絶縁膜862として表面が平坦化する膜を用いてもよい。その場合は、画素電極を形成した後、公知のサンドブラスト法やエッチング法等の工程を追加して表面を凹凸化させて、鏡面反射を防ぎ、反射光を散乱させることによって白色度を増加させることが好ましい。

【0092】

そして、駆動回路906において、各不純物領域とそれぞれ電氣的に接続する配線863～867を形成する。なお、これらの配線は、膜厚 50nm のTi膜と、膜厚 500nm の合金膜（AlとTiとの合金膜）との積層膜をパターンニングして形成する。

【0093】

また、画素部907においては、画素電極870、ゲート配線869、接続電極868を形成する。（図10）この接続電極868によりソース配線（843bと849の積層）は、画素TF Tと電氣的な接続が形成される。また、ゲート

配線 869 は、画素 TFT のゲート電極と電気的な接続が形成される。また、画素電極 870 は、画素 TFT のドレイン領域 842 と電気的な接続が形成され、さらに保持容量を形成する一方の電極として機能する半導体層 858 と電気的な接続が形成される。また、画素電極 870 としては、Al または Ag を主成分とする膜、またはそれらの積層膜等の反射性の優れた材料を用いることが望ましい。

【0094】

以上の様にして、n チャンネル型 TFT 901 と p チャンネル型 TFT 902 からなる CMOS 回路、及び n チャンネル型 TFT 903 を有する駆動回路 906 と、画素 TFT 904、保持容量 905 とを有する画素部 907 を同一基板上に形成することができる。こうして、アクティブマトリクス基板が完成する。

【0095】

駆動回路 906 の n チャンネル型 TFT 901 はチャンネル形成領域 823c、ゲート電極の一部を構成する第 1 の導電層 828a と重なる低濃度不純物領域 823b (GOLD 領域)、とソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域 823a を有している。この n チャンネル型 TFT 901 と電極 866 で接続して CMOS 回路を形成する p チャンネル型 TFT 902 にはチャンネル形成領域 846d、ゲート電極の外側に形成される不純物領域 846b、846c、ソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域 846a を有している。また、n チャンネル型 TFT 903 にはチャンネル形成領域 825c、ゲート電極の一部を構成する第 1 の導電層 830a と重なる低濃度不純物領域 825b (GOLD 領域)、とソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域 825a を有している。

【0096】

画素部の画素 TFT 904 にはチャンネル形成領域 826c、ゲート電極の外側に形成される低濃度不純物領域 826b (LDD 領域) とソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域 826a を有している。また、保持容量 905 の一方の電極として機能する半導体層 847a、847b には、それぞれ p 型を付与する不純物元素が添加されている。保持容量 905 は、絶縁膜 84

4を誘電体として、電極（838aと838bの積層）と、半導体層847a～847cとで形成している。

【0097】

また、本実施例の画素構造は、ブラックマトリクスを用いることなく、画素電極間の隙間が遮光されるように、画素電極の端部をソース配線と重なるように配置形成する。

【0098】

また、本実施例で作製するアクティブマトリクス基板の画素部の上面図を図11に示す。なお、図7～図10に対応する部分には同じ符号を用いている。図10中の鎖線A-A'は図11中の鎖線A-A'で切断した断面図に対応している。また、図10中の鎖線B-B'は図11中の鎖線B-B'で切断した断面図に対応している。

【0099】

（実施例2）

本実施例では、実施例1で作製したアクティブマトリクス基板から、反射型液晶表示装置を作製する工程を以下に説明する。説明には図12を用いる。

【0100】

まず、実施例1に従い、図10の状態のアクティブマトリクス基板を得た後、図10のアクティブマトリクス基板上、少なくとも画素電極870上に配向膜967を形成しラビング処理を行なう。なお、本実施例では配向膜967を形成する前に、アクリル樹脂膜等の有機樹脂膜をパターンニングすることによって基板間隔を保持するための柱状のスペーサ972を所望の位置に形成した。また、柱状のスペーサに代えて、球状のスペーサを基板全面に散布してもよい。

【0101】

次いで、対向基板969を用意する。次いで、対向基板969上に着色層9110971、平坦化膜973を形成する。赤色の着色層970と青色の着色層972とを重ねて、遮光部を形成する。また、赤色の着色層と緑色の着色層とを一部重ねて、遮光部を形成してもよい。

【0102】

本実施例では、実施例 1 に示す基板を用いている。従って、実施例 1 の画素部の上面図を示す図 11 では、少なくともゲート配線 869 と画素電極 870 の間隙と、ゲート配線 869 と接続電極 868 の間隙と、接続電極 868 と画素電極 870 の間隙を遮光する必要がある。本実施例では、それらの遮光すべき位置に着色層の積層からなる遮光部が重なるように各着色層を配置して、対向基板を貼り合わせた。

【0103】

このように、ブラックマスク等の遮光層を形成することなく、各画素間の隙間を着色層の積層からなる遮光部で遮光することによって工程数の低減を可能とした。

【0104】

次いで、平坦化膜 973 上に透明導電膜からなる対向電極 976 を少なくとも画素部に形成し、対向基板の全面に配向膜 974 を形成し、ラビング処理を施した。

【0105】

そして、画素部と駆動回路が形成されたアクティブマトリクス基板と対向基板とをシール材 968 で貼り合わせる。シール材 968 にはフィラーが混入されていて、このフィラーと柱状スペーサによって均一な間隔を持って 2 枚の基板が貼り合わせられる。その後、両基板の間に液晶材料 975 を注入し、封止剤（図示せず）によって完全に封止する。液晶材料 975 には公知の液晶材料を用いれば良い。このようにして図 12 に示す反射型液晶表示装置が完成する。そして、必要があれば、アクティブマトリクス基板または対向基板を所望の形状に分断する。さらに、対向基板のみに偏光板（図示しない）を貼りつけた。そして、公知の技術を用いて FPC を貼りつけた。

【0106】

以上のようにして作製される液晶表示パネルは各種電子機器の表示部として用いることができる。

【0107】

なお、本実施例は実施例 1 と自由に組み合わせることが可能である。

【0108】**(実施例3)**

本実施例では、本発明を用いて発光装置を作製した例について説明する。本明細書において、発光装置とは、基板上に形成された発光素子を該基板とカバー材の間に封入した表示用パネルおよび該表示用パネルにICを実装した表示用モジュールを総称したものである。なお、発光素子は、電場を加えることで発生するルミネッセンス (Electro Luminescence) が得られる有機化合物を含む層 (発光層) と陽極層と、陰極層とを有する。また、有機化合物におけるルミネッセンスには、一重項励起状態から基底状態に戻る際の発光 (蛍光) と三重項励起状態から基底状態に戻る際の発光 (リン光) があり、これらのうちどちらか、あるいは両方の発光を含む。

【0109】

図13は本実施例の発光装置の断面図である。図13において、基板1100上に設けられたスイッチングTF T1003は図10のnチャネル型TF T1303を用いて形成される。したがって、構造の説明はnチャネル型TF T1303の説明を参照すれば良い。

【0110】 なお、本実施例ではチャネル形成領域が二つ形成されるダブルゲート構造としているが、チャネル形成領域が一つ形成されるシングルゲート構造もしくは三つ形成されるトリプルゲート構造であっても良い。

【0111】

基板1100上に設けられた駆動回路は図10のCMOS回路を用いて形成される。従って、構造の説明はnチャネル型TF T1301とpチャネル型TF T1302の説明を参照すれば良い。なお、本実施例ではシングルゲート構造としているが、ダブルゲート構造もしくはトリプルゲート構造であっても良い。

【0112】

また、配線1101、1103はCMOS回路のソース配線、1102はドレイン配線として機能する。また、配線1104はソース配線1108とスイッチングTF Tのソース領域とを電氣的に接続する配線として機能し、配線1105はドレイン配線1109とスイッチングTF Tのドレイン領域とを電氣的に接続

する配線として機能する。

【0113】

なお、電流制御 TFT 1004 は図 10 の p チャネル型 TFT 1302 を用いて形成される。従って、構造の説明は p チャネル型 TFT 1302 の説明を参照すれば良い。なお、本実施例ではシングルゲート構造としているが、ダブルゲート構造もしくはトリプルゲート構造であっても良い。

【0114】

また、配線 1106 は電流制御 TFT のソース配線（電流供給線に相当する）であり、1107 は電流制御 TFT の画素電極 1110 上に重ねることで画素電極 1110 と電氣的に接続する電極である。

【0115】

なお、1110 は、透明導電膜からなる画素電極（発光素子の陽極）である。透明導電膜としては、酸化インジウムと酸化スズとの化合物、酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物、酸化亜鉛、酸化スズまたは酸化インジウムを用いることができる。また、前記透明導電膜にガリウムを添加したものを用いても良い。画素電極 1110 は、上記配線を形成する前に平坦な層間絶縁膜 1111 上に形成する。本実施例においては、樹脂からなる平坦化膜 1111 を用いて TFT による段差を平坦化することは非常に重要である。後に形成される発光層は非常に薄いため、段差が存在することによって発光不良を起こす場合がある。従って、発光層をできるだけ平坦面に形成しうるように画素電極を形成する前に平坦化しておくことが望ましい。

【0116】

配線 1101～1107 を形成後、図 13 に示すようにバンク 1112 を形成する。バンク 1112 は 100～400 nm の珪素を含む絶縁膜もしくは有機樹脂膜をパターンングして形成すれば良い。

【0117】

なお、バンク 1112 は絶縁膜であるため、成膜時における素子の静電破壊には注意が必要である。本実施例ではバンク 1112 の材料となる絶縁膜中にカーボン粒子や金属粒子を添加して抵抗率を下げ、静電気の発生を抑制する。この際

、抵抗率は $1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^{12} \Omega \text{m}$ （好ましくは $1 \times 10^8 \sim 1 \times 10^{10} \Omega \text{m}$ ）となるようにカーボン粒子や金属粒子の添加量を調節すれば良い。

【0118】

画素電極1110の上には発光層1113が形成される。なお、図13では一画素しか図示していないが、本実施例ではR（赤）、G（緑）、B（青）の各色に対応した発光層を作り分けている。また、本実施例では蒸着法により低分子系有機発光材料を形成している。具体的には、正孔注入層として20nm厚の銅フタロシアニン（CuPc）膜を設け、その上に発光層として70nm厚のトリス-8-キノリノラトアルミニウム錯体（Alq₃）膜を設けた積層構造としている。Alq₃にキナクリドン、ペリレンもしくはDCM1といった蛍光色素を添加することで発光色を制御することができる。

【0119】

但し、以上の例は発光層として用いることのできる有機発光材料の一例であって、これに限定する必要はまったくない。発光層、電荷輸送層または電荷注入層を自由に組み合わせて発光層（発光及びそのためのキャリアの移動を行わせるための層）を形成すれば良い。例えば、本実施例では低分子系有機発光材料を発光層として用いる例を示したが、高分子系有機発光材料を用いても良い。また、電荷輸送層や電荷注入層として炭化珪素等の無機材料を用いることも可能である。これらの有機発光材料や無機材料は公知の材料を用いることができる。

【0120】

次に、発光層1113の上には導電膜からなる陰極1114が設けられる。本実施例の場合、導電膜としてアルミニウムとリチウムとの合金膜を用いる。勿論、公知のMgAg膜（マグネシウムと銀との合金膜）を用いても良い。陰極材料としては、周期表の1族もしくは2族に属する元素からなる導電膜もしくはそれらの元素を添加した導電膜を用いれば良い。

【0121】

この陰極1114まで形成された時点で発光素子1115が完成する。なお、ここでいう発光素子1115は、画素電極（陽極）1110、発光層1113及び陰極1114で形成されたダイオードを指す。

【0122】

発光素子1115を完全に覆うようにしてパッシベーション膜1116を設けることは有効である。パッシベーション膜1116としては、炭素膜、窒化珪素膜もしくは窒化酸化珪素膜を含む絶縁膜からなり、該絶縁膜を単層もしくは組み合わせた積層で用いる。

【0123】

この際、カバレッジの良い膜をパッシベーション膜として用いることが好ましく、炭素膜、特にDLC（ダイヤモンドライクカーボン）膜を用いることは有効である。DLC膜は室温から100℃以下の温度範囲で成膜可能であるため、耐熱性の低い発光層1113の上方にも容易に成膜することができる。また、DLC膜は酸素に対するブロッキング効果が高く、発光層1113の酸化を抑制することが可能である。そのため、この後に続く封止工程を行う間に発光層1113が酸化するといった問題を防止できる。

【0124】

さらに、パッシベーション膜1116上に封止材1117を設け、カバー材1118を貼り合わせる。封止材1117としては紫外線硬化樹脂を用いれば良く、内部に吸湿効果を有する物質もしくは酸化防止効果を有する物質を設けることは有効である。また、本実施例においてカバー材1118はガラス基板や石英基板やプラスチック基板（プラスチックフィルムも含む）の両面に炭素膜（好ましくはダイヤモンドライクカーボン膜）を形成したものをを用いる。

【0125】

こうして図13に示すような構造の発光装置が完成する。なお、バンク1112を形成した後、パッシベーション膜1116を形成するまでの工程をマルチチャンバー方式（またはインライン方式）の成膜装置を用いて、大気解放せずに連続的に処理することは有効である。また、さらに発展させてカバー材1118を貼り合わせる工程までを大気解放せずに連続的に処理することも可能である。

【0126】

こうして、プラスチック基板を母体とする絶縁体1301上にnチャネル型TFT1001、1002、スイッチングTFT（nチャネル型TFT）1003

および電流制御 T F T (n チャネル型 T F T) 1004 が形成される。ここまでの製造工程で必要としたマスク数は、一般的なアクティブマトリクス型発光装置よりも少ない。

【0127】

即ち、T F T の製造工程が大幅に簡略化されており、歩留まりの向上および製造コストの低減が実現できる。

【0128】

さらに、図 13 を用いて説明したように、ゲート電極に絶縁膜を介して重なる不純物領域を設けることによりホットキャリア効果に起因する劣化に強い n チャネル型 T F T を形成することができる。そのため、信頼性の高い発光装置を実現できる。

【0129】

また、本実施例では画素部と駆動回路の構成のみ示しているが、本実施例の製造工程に従えば、その他にも信号分割回路、D/A コンバータ、オペアンプ、 γ 補正回路などの論理回路を同一の絶縁体上に形成可能であり、さらにはメモリやマイクロプロセッサをも形成しうる。

【0130】

さらに、発光素子を保護するための封止（または封入）工程まで行った後の本実施例の発光装置について図 14 を用いて説明する。なお、必要に応じて図 13 で用いた符号を引用する。

【0131】

図 14 (A) は、発光素子の封止までを行った状態を示す上面図、図 14 (B) は図 14 (A) を C-C' で切断した断面図である。点線で示された 1215 はソース側駆動回路、1216 は画素部、1217 はゲート側駆動回路である。また、1301 はカバー材、1302 は第 1 シール材、1303 は第 2 シール材であり、第 1 シール材 1302 で囲まれた内側には封止材 1307 が設けられる。

【0132】

なお、1304 はソース側駆動回路 1215 及びゲート側駆動回路 1217 に

入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるFPC（フレキシブルプリントサーキット）1305からビデオ信号やクロック信号を受け取る。なお、ここではFPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基盤（PWB）が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それにFPCもしくはPWBが取り付けられた状態をも含むものとする。

【0133】

次に、断面構造について図14（B）を用いて説明する。基板1100の上方には画素部1216、ゲート側駆動回路1217が形成されており、画素部1216は電流制御TF T1004とそのドレインに電氣的に接続された画素電極1110を含む複数の画素により形成される。また、ゲート側駆動回路1217はnチャネル型TF T1001とpチャネル型TF T1002とを組み合わせたCMOS回路（図7参照）を用いて形成される。

【0134】

画素電極1110は発光素子の陽極として機能する。また、画素電極1110の両端にはバンク1112が形成され、画素電極1110上には発光層1113および発光素子の陰極1114が形成される。

【0135】

陰極1114は全画素に共通の配線としても機能し、接続配線1304を経由してFPC1305に電氣的に接続されている。さらに、画素部1216及びゲート側駆動回路1217に含まれる素子は全て陰極1114およびパッシベーション膜967で覆われている。

【0136】

また、第1シール材1302によりカバー材1301が貼り合わされている。なお、カバー材1301と発光素子との間隔を確保するために樹脂膜からなるスペーサを設けても良い。そして、第1シール材1302の内側には封止材1307が充填されている。なお、第1シール材1302、封止材1307としてはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、第1シール材1302はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。さらに、封止材1307の

内部に吸湿効果をもつ物質や酸化防止効果をもつ物質を含有させても良い。

【0137】

発光素子を覆うようにして設けられた封止材1307はカバー材1301を接着するための接着剤としても機能する。また、本実施例ではカバー材1301を構成するプラスチック基板1301aの材料としてFRP (Fiberglass-Reinforced Plastics)、PVF (ポリビニルフロライド)、マイラー、ポリエステルまたはアクリルを用いることができる。

【0138】

また、封止材1307を用いてカバー材1301を接着した後、封止材1307の側面(露呈面)を覆うように第2シール材1303を設ける。第2シール材1303は第1シール材1302と同じ材料を用いることができる。

【0139】

以上のような構造で発光素子を封止材1307に封入することにより、発光素子を外部から完全に遮断することができ、外部から水分や酸素等の発光層の酸化による劣化を促す物質が侵入することを防ぐことができる。従って、信頼性の高い発光装置が得られる。

【0140】

なお、本実施例は実施例1または2と自由に組み合わせることが可能である。

【0141】

(実施例4)

本実施例では、本発明のTFT回路によるアクティブマトリクス型表示装置を組み込んだ半導体装置について図15、図16、図17で説明する。

【0142】

このような半導体装置には、携帯情報端末(電子手帳、モバイルコンピュータ、携帯電話等)、ビデオカメラ、スチルカメラ、パーソナルコンピュータ、テレビ等が挙げられる。それらの一例を図15と図16に示す。

【0143】

図15(A)は携帯電話であり、本体9001、音声出力部9002、音声入力部9003、表示装置9004、操作スイッチ9005、アンテナ9006か

ら構成されている。本願発明は音声出力部 9002、音声入力部 9003、及びアクティブマトリクス基板を備えた表示装置 9004 に適用することができる。

【0144】

図 15 (B) はビデオカメラであり、本体 9101、表示装置 9102、音声入力部 9103、操作スイッチ 9104、バッテリー 9105、受像部 9106 から成っている。本願発明は音声入力部 9103、及びアクティブマトリクス基板を備えた表示装置 9102、受像部 9106 に適用することができる。

【0145】

図 15 (C) はモバイルコンピュータ或いは携帯型情報端末であり、本体 9201、カメラ部 9202、受像部 9203、操作スイッチ 9204、表示装置 9205 で構成されている。本願発明は受像部 9203、及びアクティブマトリクス基板を備えた表示装置 9205 に適用することができる。

【0146】

図 15 (D) はゴーグル型ディスプレイであり、本体 9301、表示装置 9302、アーム部 9303 で構成される。本願発明は表示装置 9302 に適用することができる。また、表示されていないが、その他の信号制御用回路に使用することもできる。

【0147】

図 15 (E) は携帯書籍であり、本体 9501、表示装置 9502、9503、記憶媒体 9504、操作スイッチ 9505、アンテナ 9506 から構成されており、ミニディスク (MD) や DVD に記憶されたデータや、アンテナで受信したデータを表示するものである。表示装置 9502、9503 は直視型の表示装置であり、本発明はこの適用することができる。

【0148】

図 16 (A) はプログラムを記録した記録媒体 (以下、記録媒体と呼ぶ) を用いるプレイヤーであり、本体 9701、表示装置 9702、スピーカ部 9703、記録媒体 9704、操作スイッチ 9705 で構成される。なお、この装置は記録媒体として DVD (Digital Versatile Disc)、CD 等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行うことができる。

【0149】

図16 (B) はテレビであり本体3101、支持台3102、表示部3103で構成される。

【0150】

図16 (C) はパーソナルコンピュータであり、本体9601、画像入力部9602、表示装置9603、キーボード9604で構成される。

【0151】

図17 (A) はフロント型プロジェクターであり、表示装置3601、スクリーン3602で構成される。本発明は表示装置やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0152】

図17 (B) はリア型プロジェクターであり、本体3701、投射装置3702、ミラー3703、スクリーン3704で構成される。本発明は表示装置やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0153】

なお、図17 (C) は、図17 (A) 及び図17 (B) 中における投射装置3601、3702の構造の一例を示した図である。投射装置3601、3702は、光源光学系3801、ミラー3802、3804～3806、ダイクロイックミラー3803、プリズム3807、液晶表示装置3808、位相差板3809、投射光学系3810で構成される。投射光学系3810は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図17 (C) 中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

【0154】

また、図17 (D) は、図17 (C) 中における光源光学系3801の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系3801は、リフレクター3811、光源3812、レンズアレイ3813、3814、偏光変換素子3815、集光レンズ3816で構成される。なお、図17 (D) に示した光源光学系

は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

【0155】

また、本発明はその他にも、発光型表示素子に適用することも可能である。このように、本願発明の適用範囲はきわめて広く、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。また、本実施例の電子機器は実施例1乃至3と自由に組み合わせることが可能である。

【0156】

【発明の効果】

本発明の構成を採用することにより、以下に示すような基本的有意性を得ることが出来る。

(a) 波長が $1\mu\text{m}$ 程度の基本波は通常の半導体薄膜にはほとんど吸収されず効率が悪いが、可視光以下である波長のパルス発振のレーザを同時に用いると、パルス発振のレーザによって大面積を溶かされた半導体薄膜に基本波がよく吸収されて、より半導体膜のアニール効率が良くなる。本発明において、基本波は波長 $1\mu\text{m}$ あたりに限定されず、熔融半導体膜に吸収される波長域であれば、どのような波長でもよい。これにより、パルス発振のレーザのエネルギーを、基本波のエネルギーで補助することが可能となる。

(b) 波長が $1\mu\text{m}$ 程度の基本波を、可視光以下の波長であるパルス発振のレーザと同時に半導体膜に照射すると、パルス発振のレーザにより熔融された該半導体膜の領域に前記基本波が吸収され、パルス発振のレーザのエネルギーが一旦消失した後も前記熔融状態を保持できる。このとき、パルス発振のレーザのエネルギーが減衰するのに同調させ、基本波の出力を適切に上げると、単位時間あたりに半導体膜に与えられるエネルギーを一定とすることが出来るため好ましい。このようなレーザビームを半導体膜に対して相対的に走査させれば、その熔融部分を半導体膜中で移動させることが可能となるため長結晶粒領域を形成でき、しかも単位時間あたりに半導体膜に与えられるエネルギーが一定であることから、長結晶粒領域の半導体特性を一様とすることができる。これは、出力の小さな可視

光線以下の連続発振のレーザのみを用いた場合の技術と比較して長いビームの長さを飛躍的に長くできるので、レーザアニールの効率やデザインルールの緩和に有利である。本発明において、基本波は波長 $1\ \mu\text{m}$ あたりに限定されず、熔融半導体に吸収される波長域であれば、どのような波長でもよい。

(c) 基本波は、高調波とは異なり波長変換のための非線形光学素子を用いる必要がなく、非常に大出力なレーザビーム、例えば高調波の 100 倍以上のエネルギーをもつもの、を得ることが可能である。非線形光学素子のレーザに対する耐力が非常に弱いために、このようなエネルギー差が生じる。また、高調波を発生させる非線形光学素子は変質しやすく、固体レーザの利点であるメンテフリーの状態を長く保てないなどの欠点がある。よって、パルス発振の可視光以下のレーザを用い、パルス発振のレーザが消失している間、基本波を照射しつづけることで、出力の小さな可視光線以下の連続発振のレーザによる長結晶領域の形成と同様のことができ、更には一度に大面積の長結晶領域を形成することができるため、非常に意義のあることと言える。

(d) 被照射体に対して均一にアニールすることを可能とする。特に半導体膜の結晶化や結晶性の向上、不純物元素の活性化を行うのに適している。

(e) 以上の利点を満たした上で、アクティブマトリクス型の液晶表示装置に代表される半導体装置において、半導体装置の動作特性および信頼性の向上を実現することができる。さらに、半導体装置の製造コストの低減を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 発明の実施の形態 1 を説明する図。

【図 2】 発明の実施の形態 2 を説明する図。

【図 3】 本発明が特徴とするレーザ発振器のレーザ出力の時間変化を説明する図。

【図 4】 発明の実施の形態 3 を説明する図。

【図 5】 発明の実施の形態 4 を説明する図。

【図 6】 レーザビームを半導体膜全面に照射する方法の例を示す図。

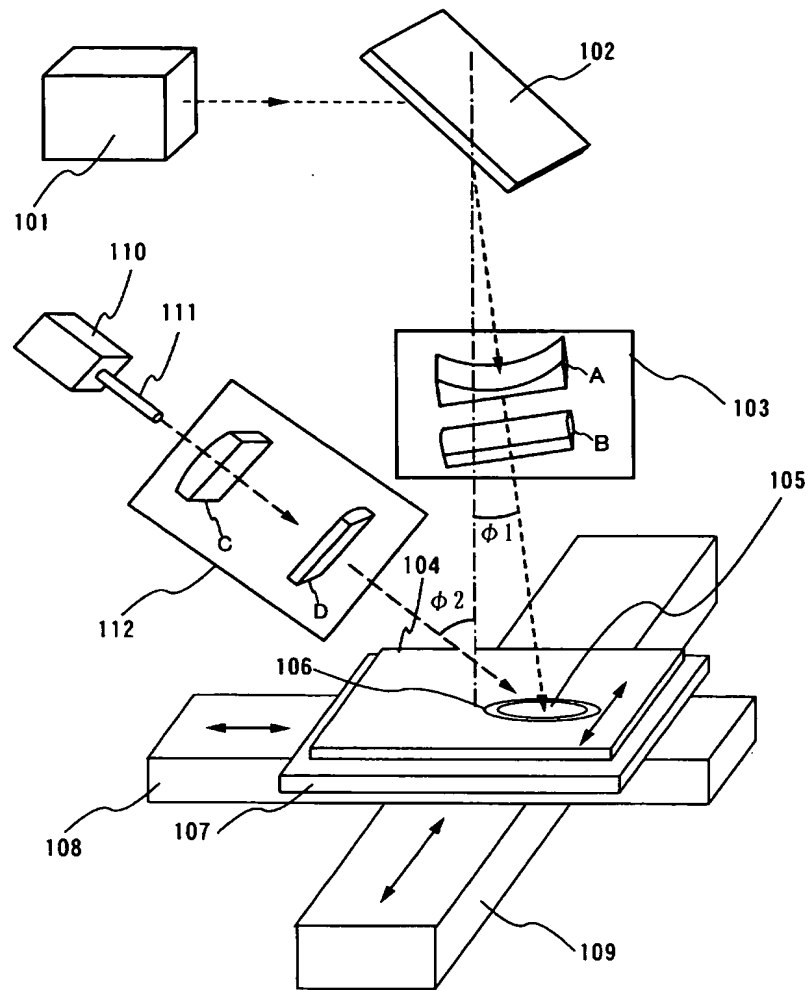
【図 7】 TFTの作製工程を説明する図。

- 【図 8】 TFTの作製工程を説明する図。
- 【図 9】 TFTの作製工程を説明する図。
- 【図 1 0】 TFTの作製工程を説明する図。
- 【図 1 1】 TFTの画素部上面図。
- 【図 1 2】 アクティブマトリクス型液晶表示装置の作製工程を示す断面図。
- 【図 1 3】 発光装置の駆動回路及び画素部の断面構造図
- 【図 1 4】 発光装置の駆動回路及び画素部を示す図。
- 【図 1 5】 半導体装置の例を示す図。
- 【図 1 6】 半導体装置の例を示す図。
- 【図 1 7】 半導体装置の例を示す図。

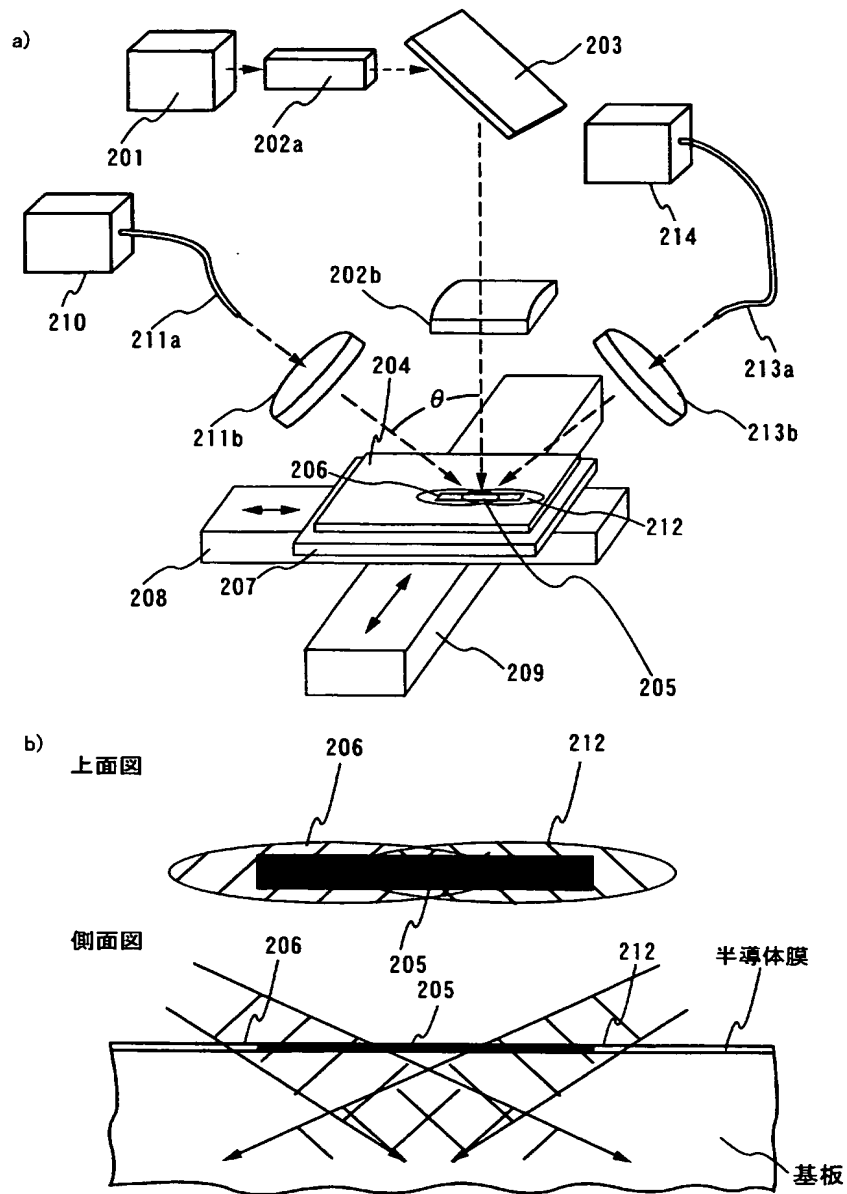
【書類名】

図面

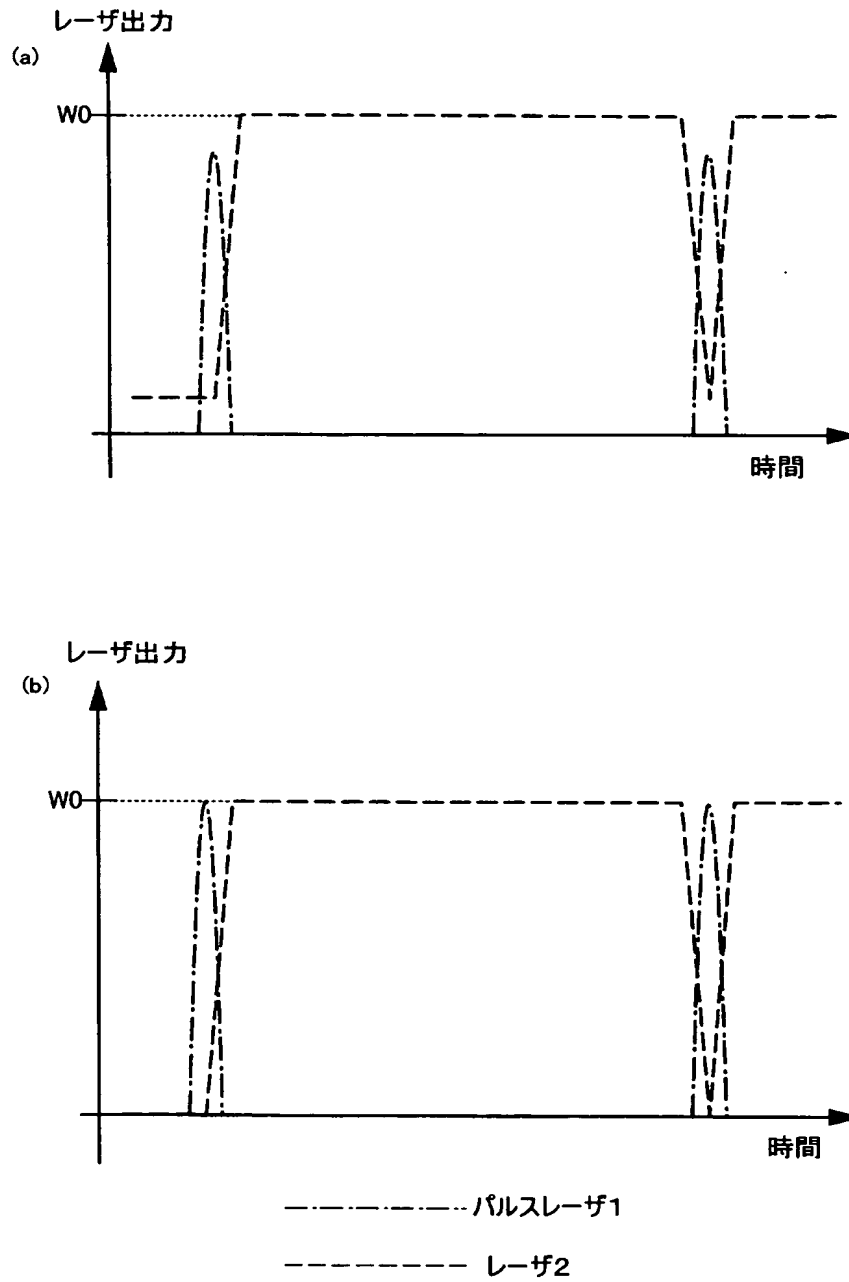
【図 1】



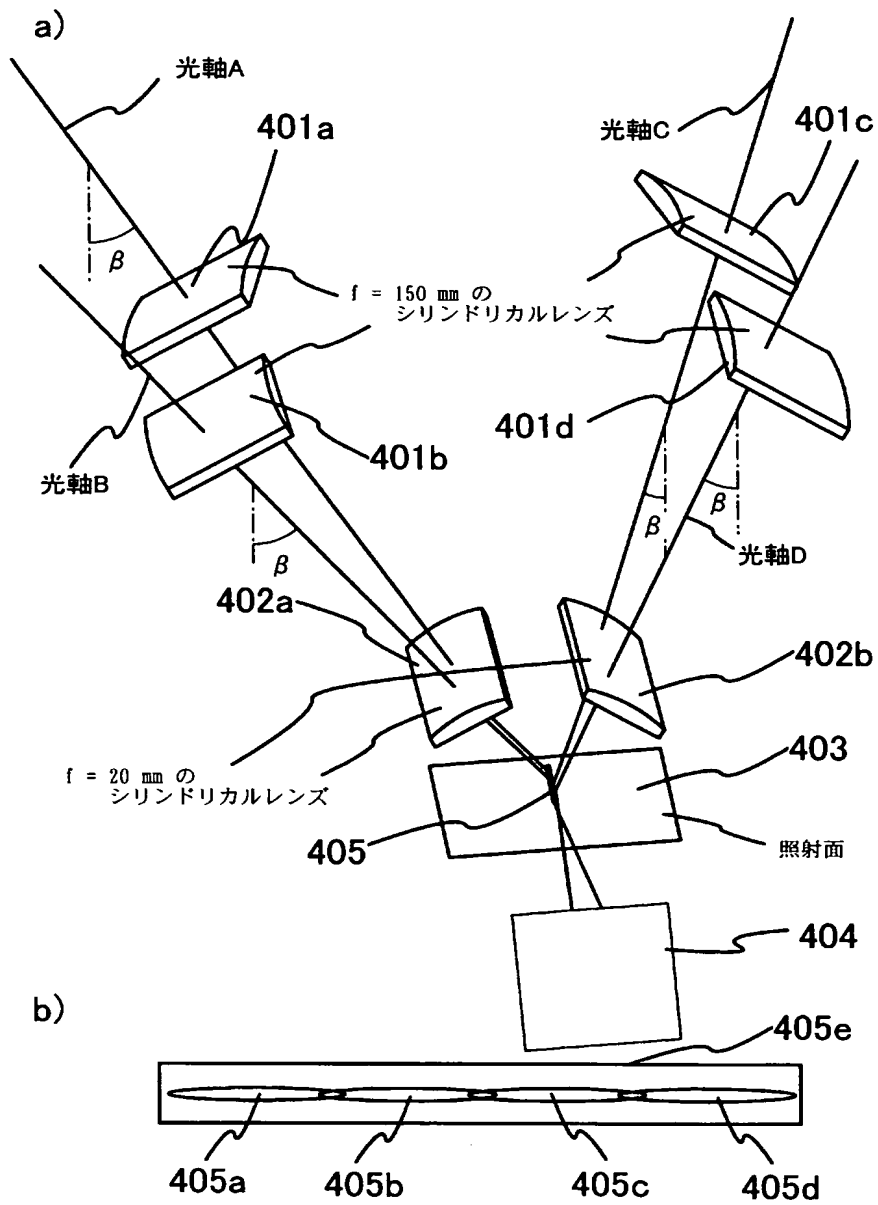
【図 2】



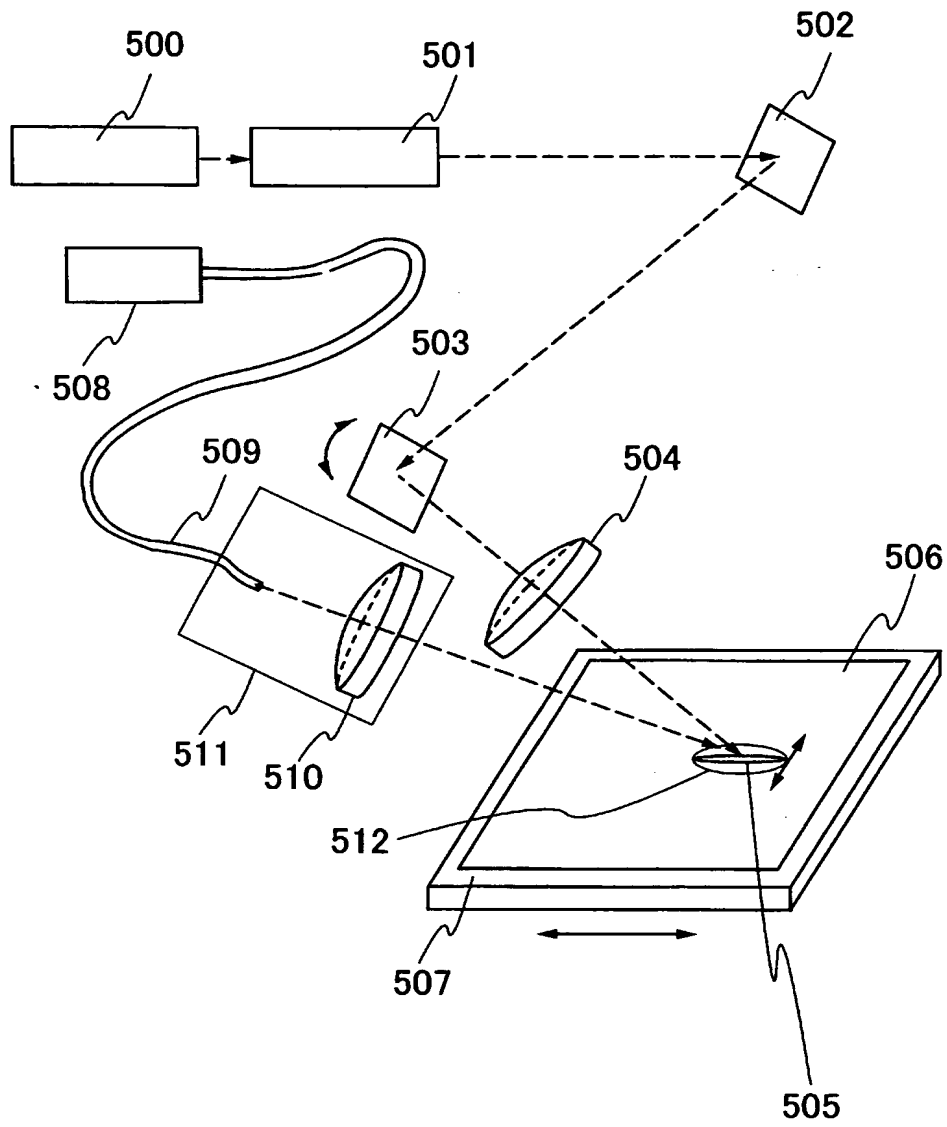
【図 3】



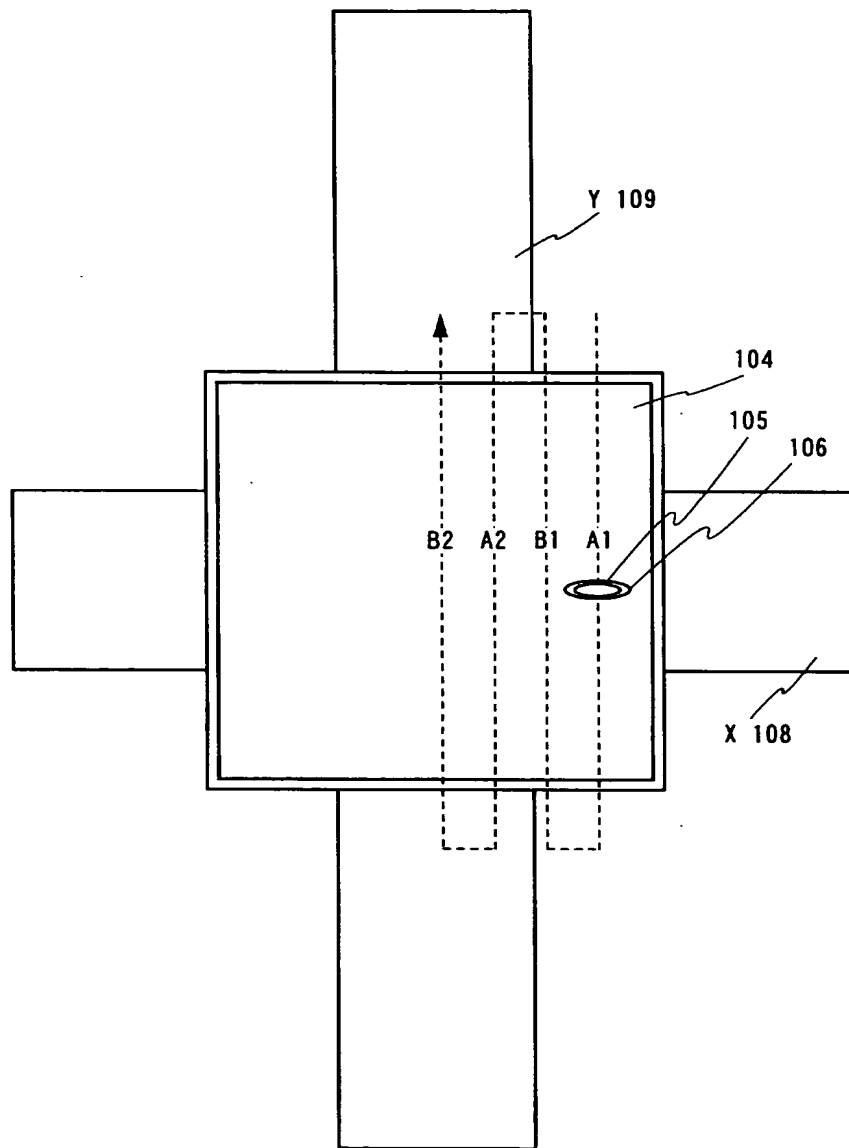
【図 4】



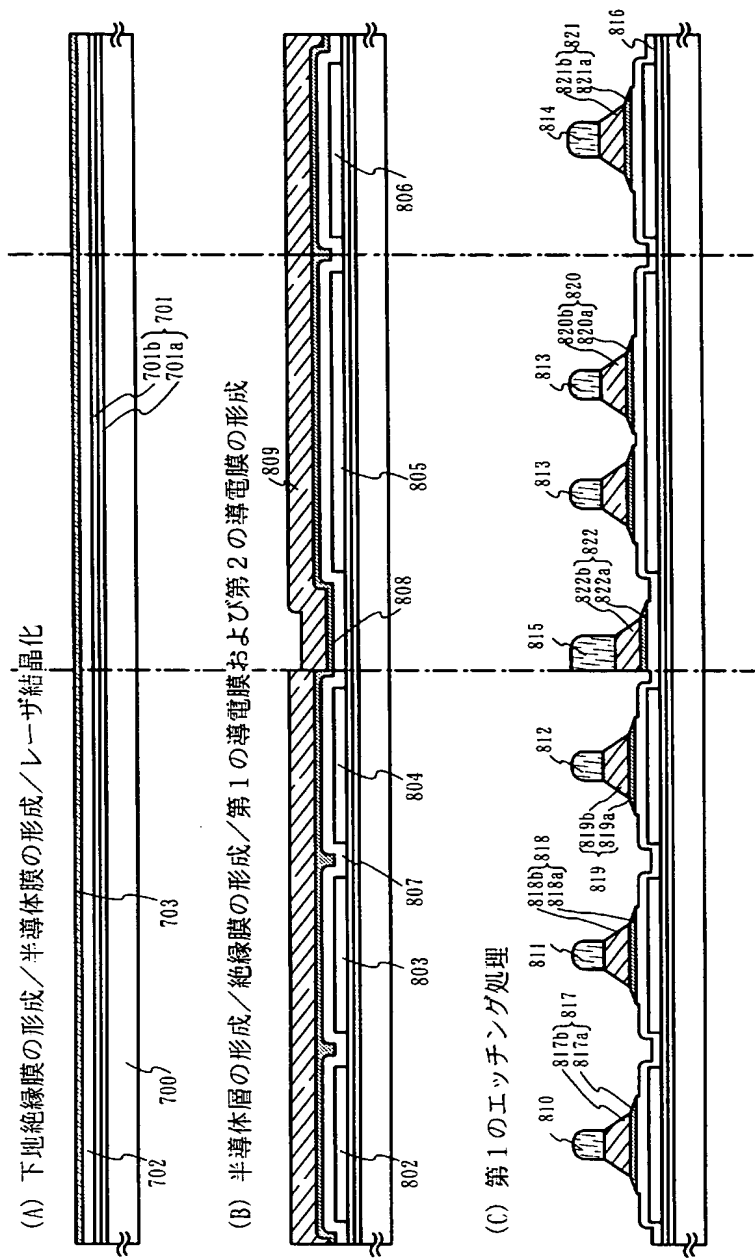
【図 5】



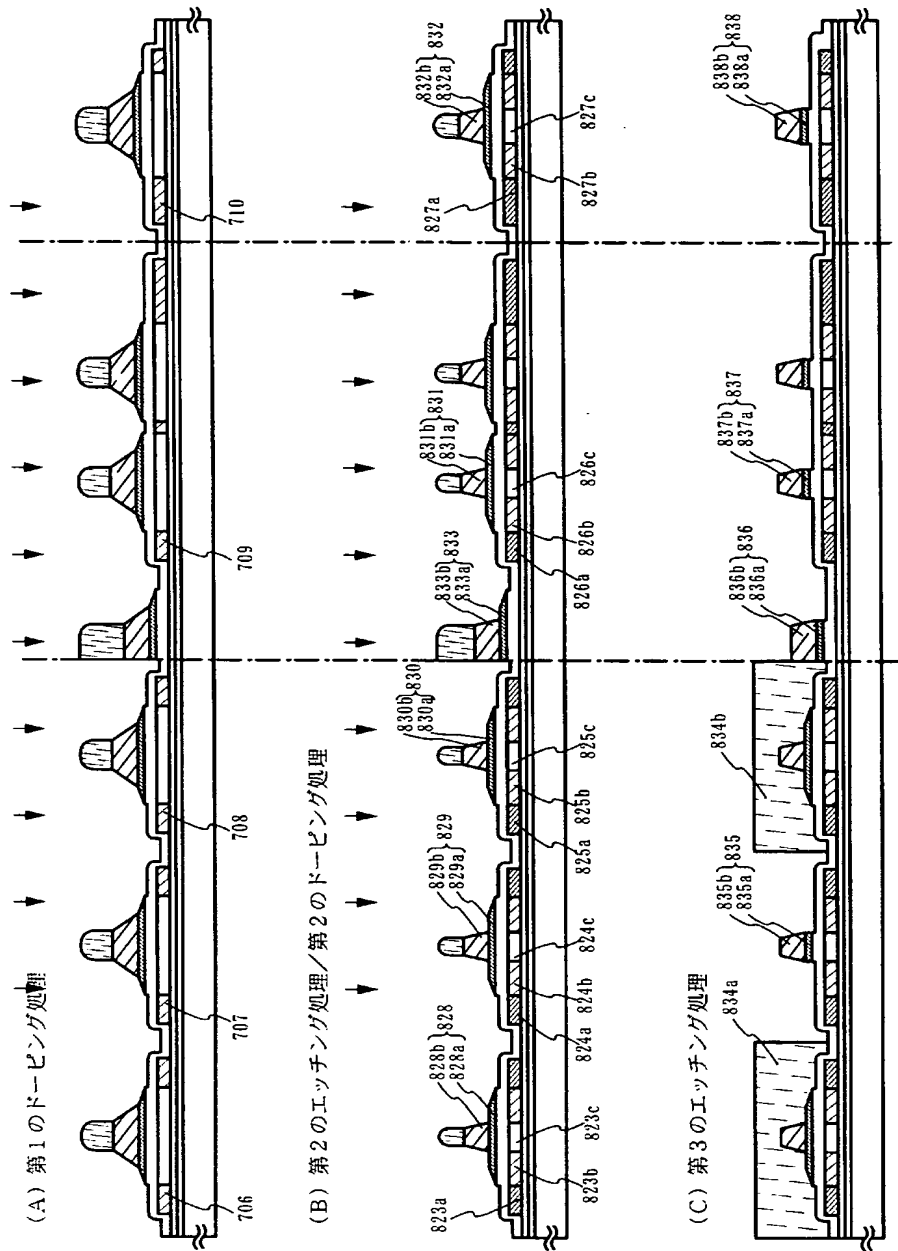
【図 6】



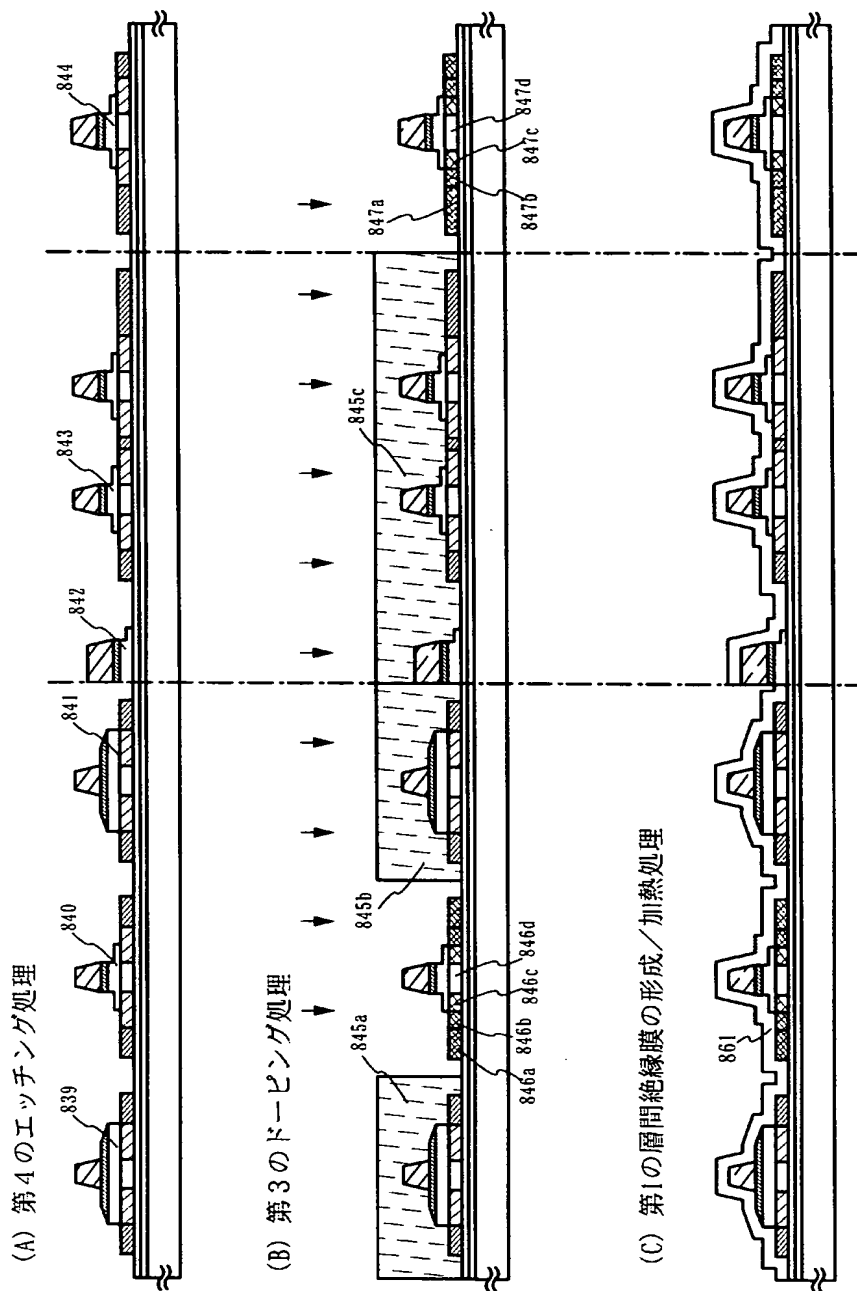
【図 7】



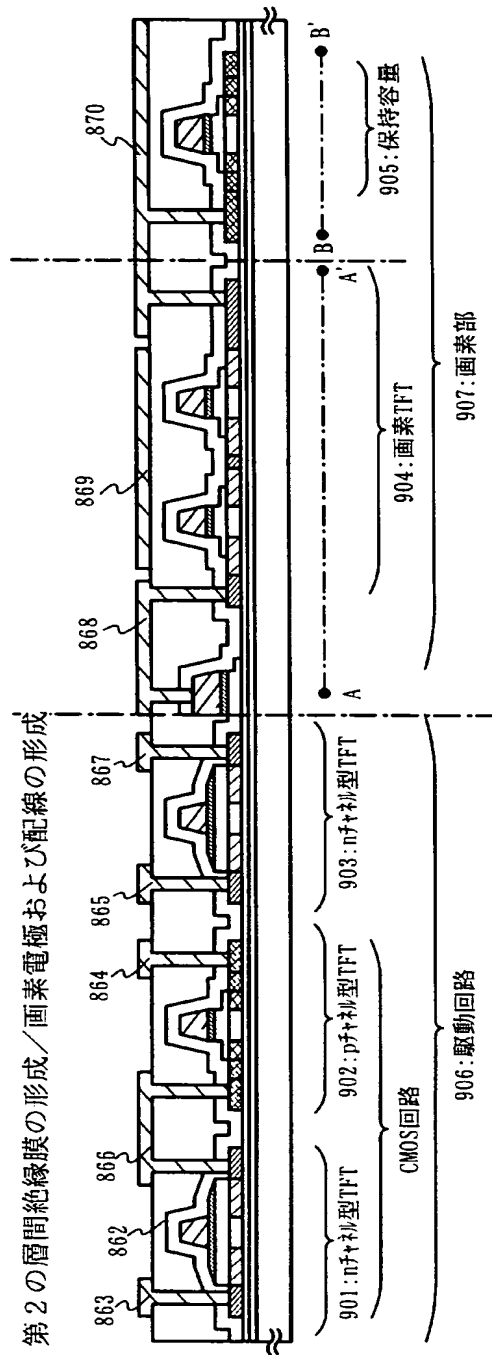
【図 8】



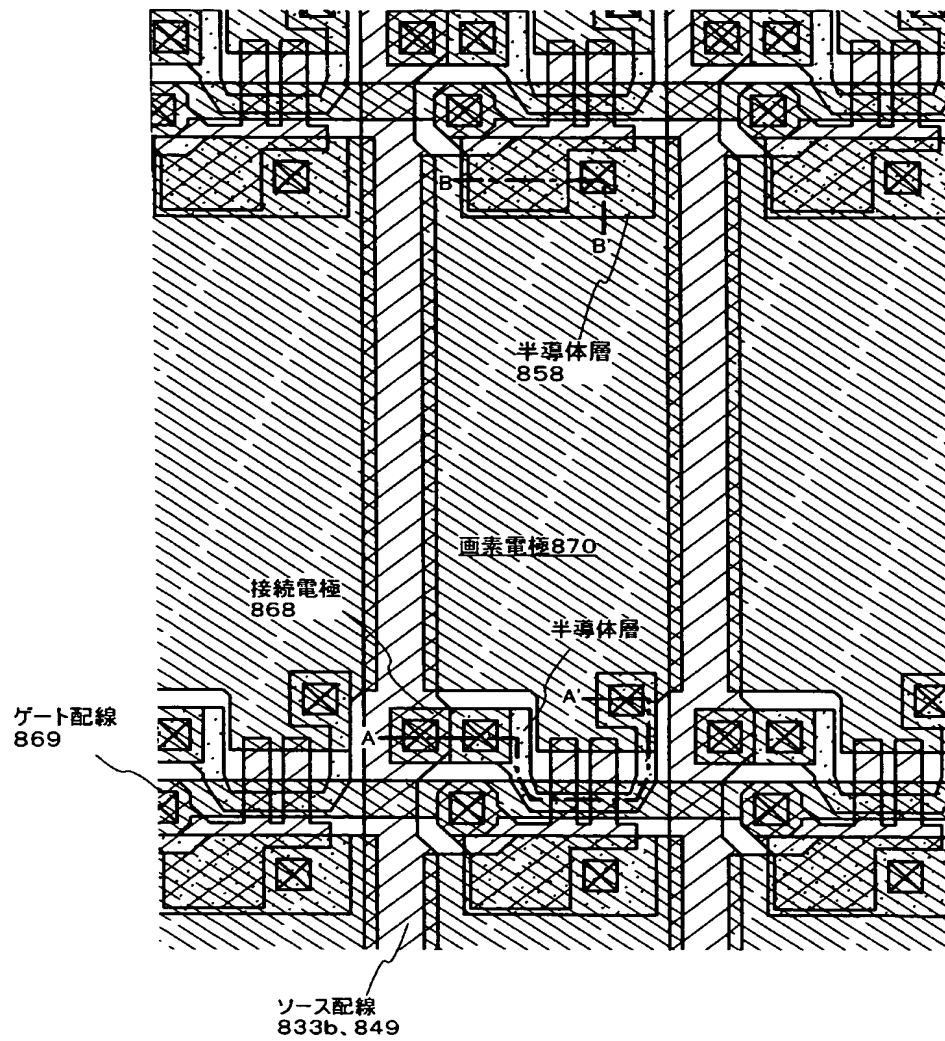
【図 9】



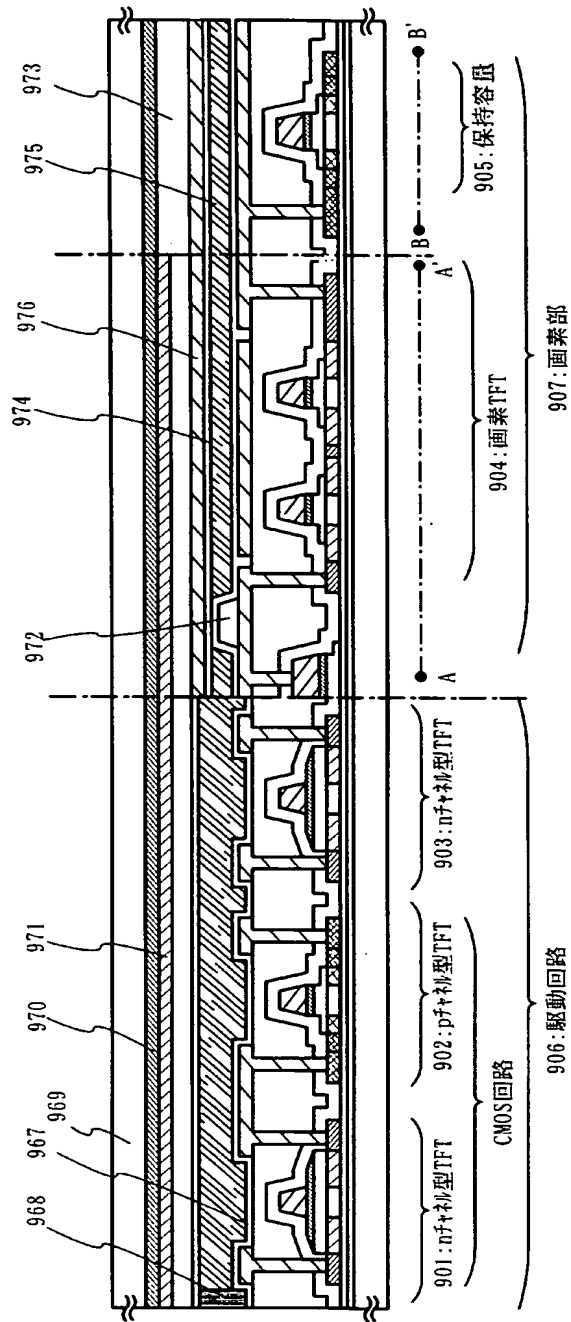
【図 10】



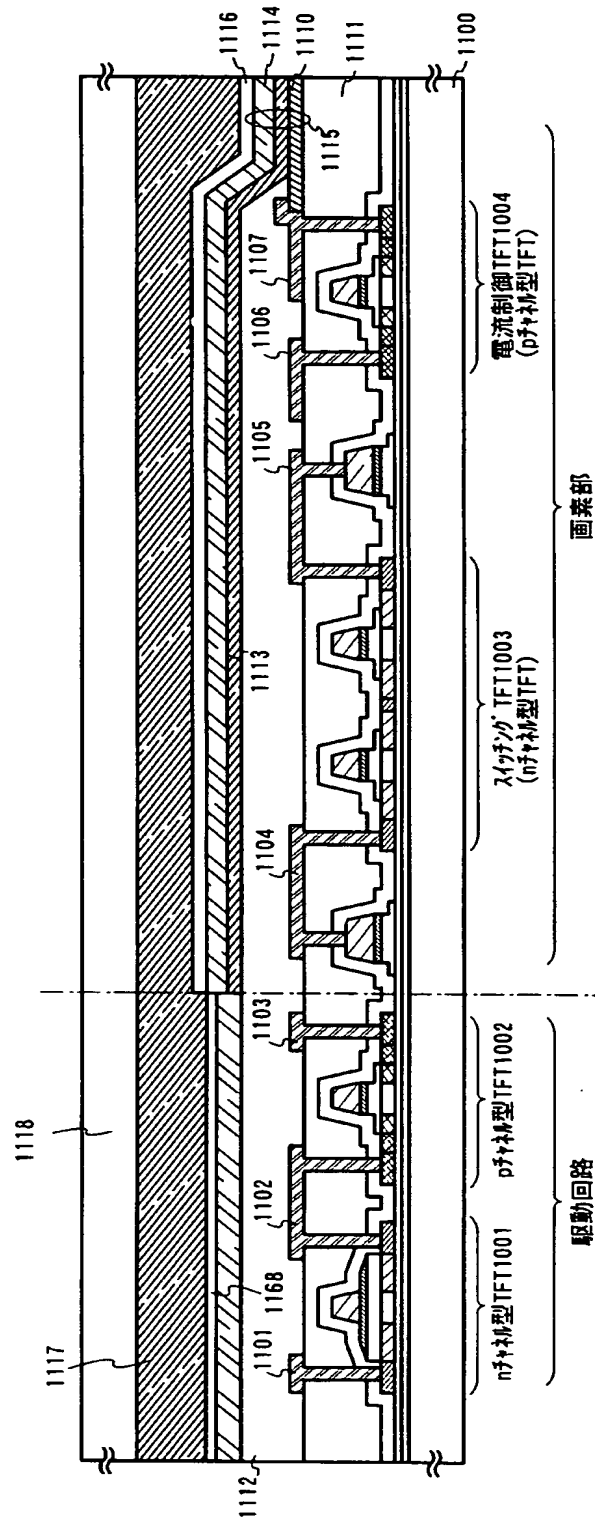
【図 11】



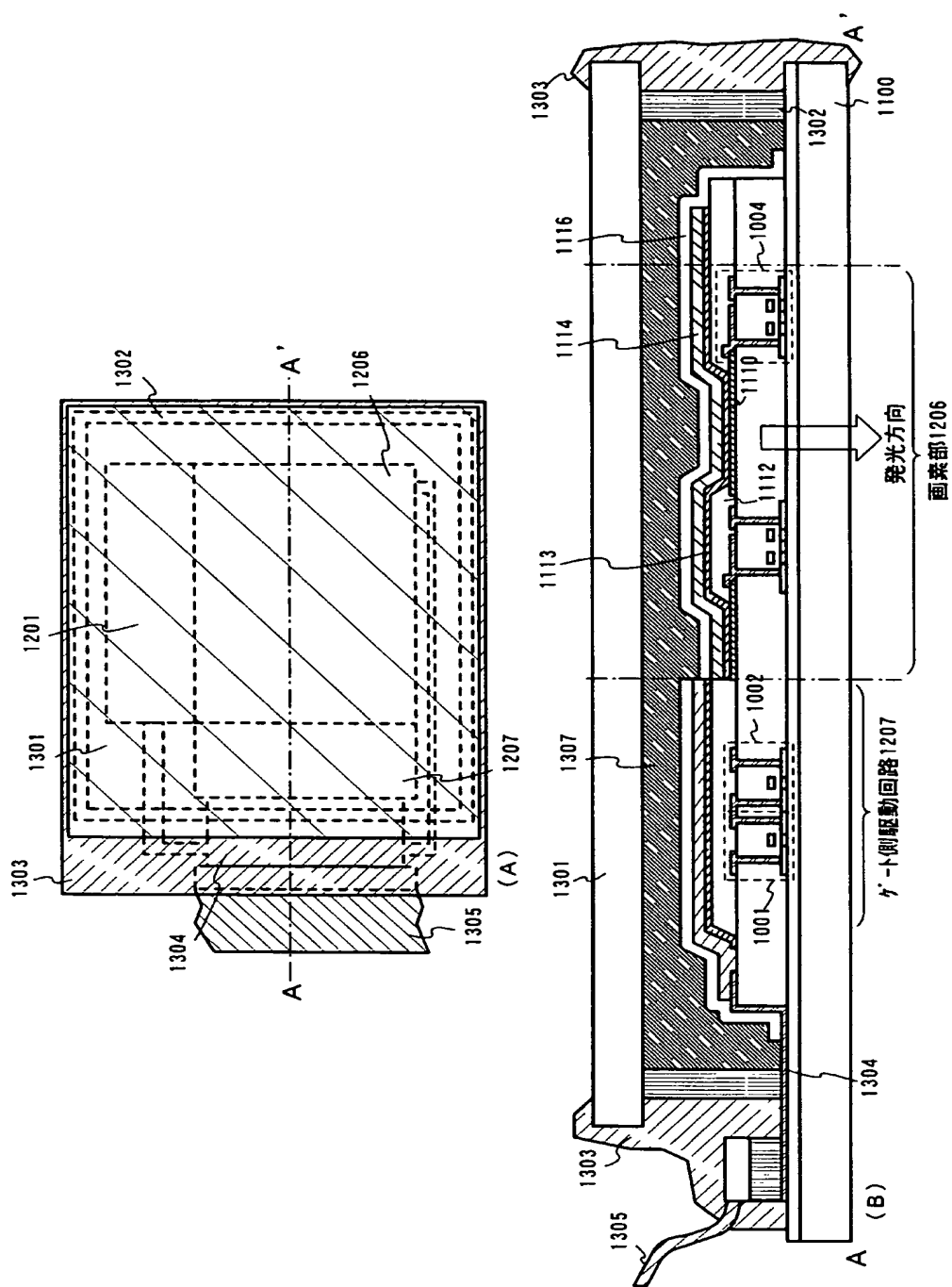
【図 12】



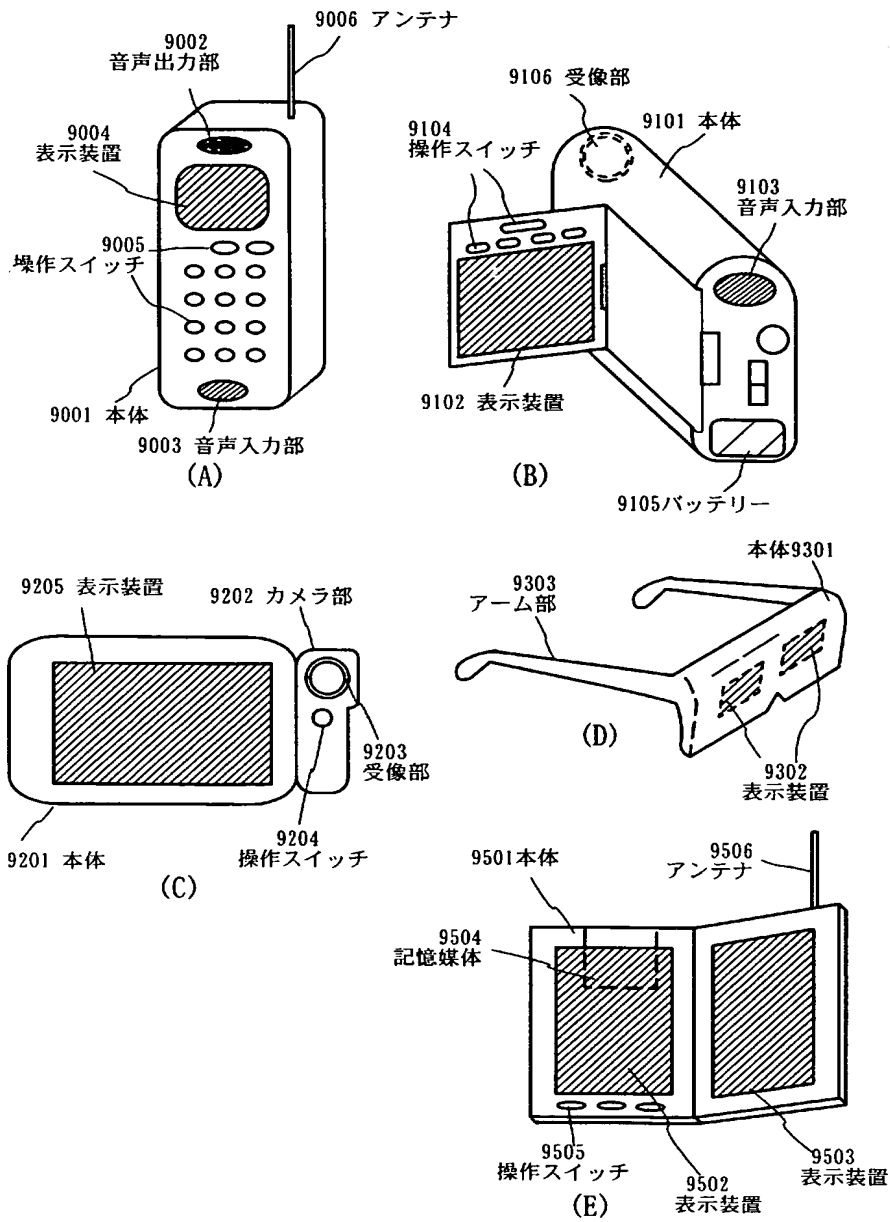
【図 13】



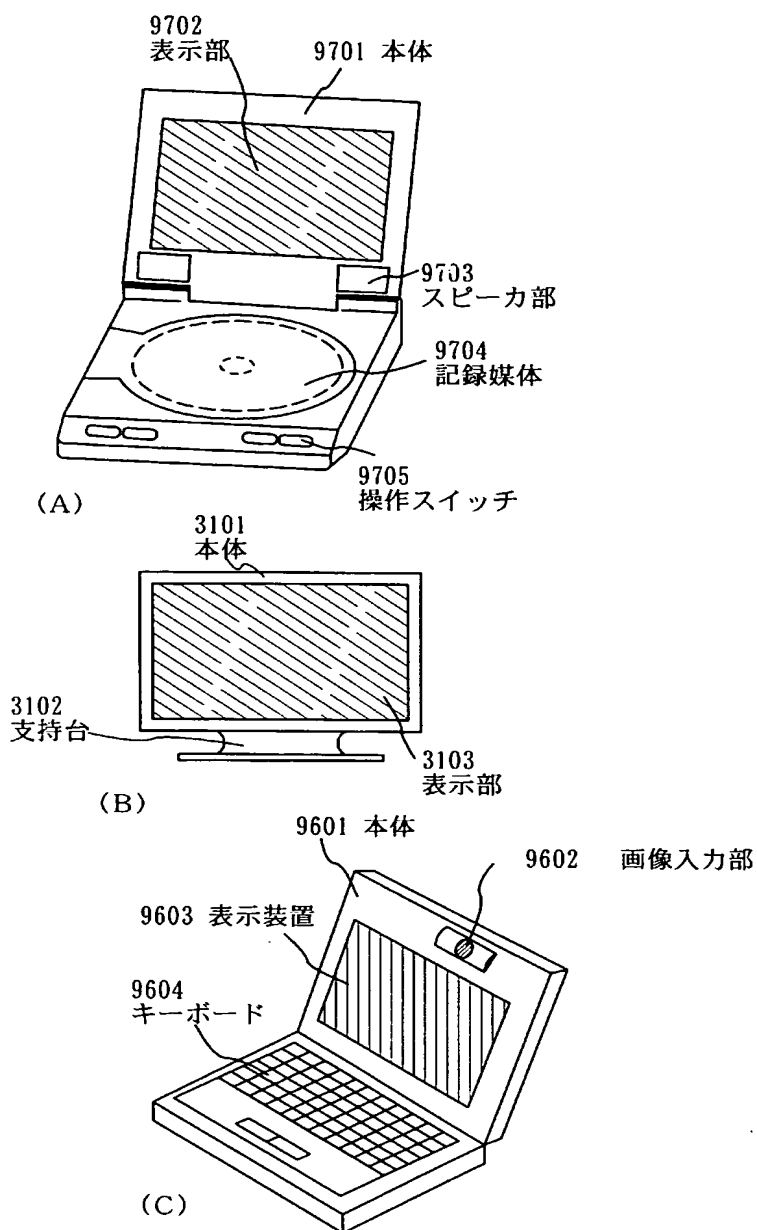
【図 14】



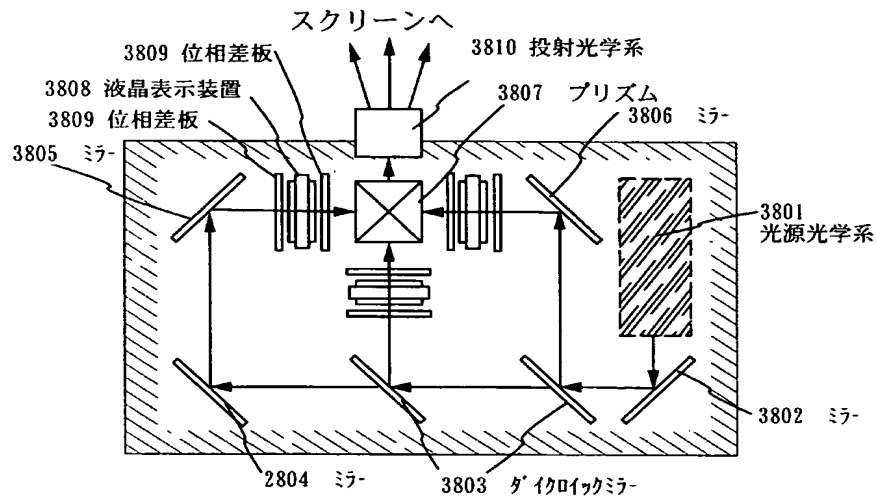
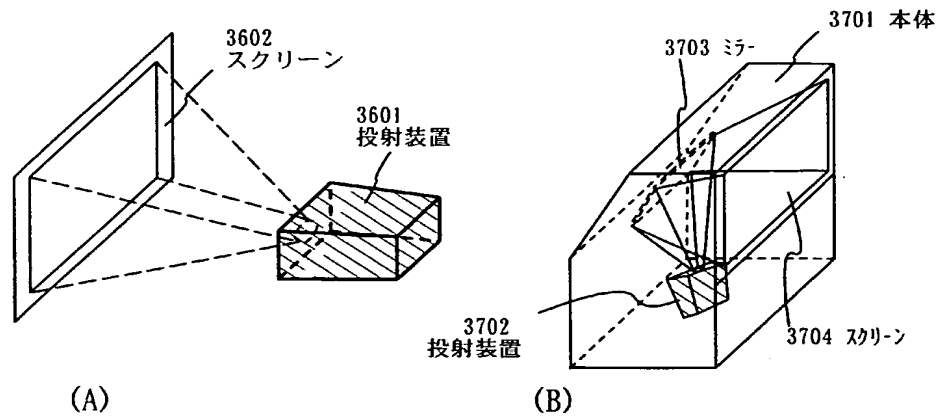
【図 15】



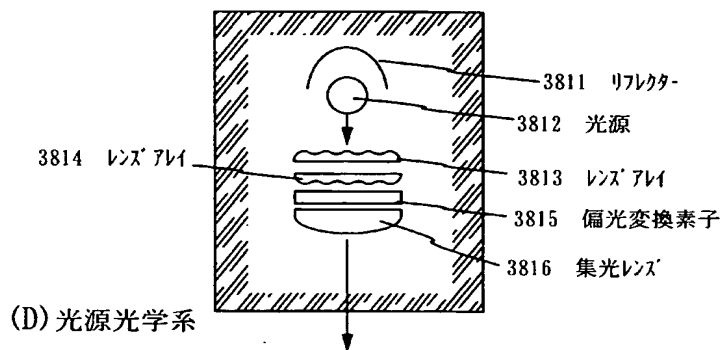
【図 16】



【図 17】



(C) 投射装置 (三板式)



(D) 光源光学系

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体装置の作製工程において、CWレーザを半導体膜上に走査させると、走査方向に長い結晶粒の集合体（長結晶粒領域）が形成される。該領域は前記走査方向においては単結晶に近い特性を持つが、レーザ出力が小さいため高集積化の制限が大きい。

【解決手段】 半導体膜によく吸収される波長を持つパルス発振のレーザ 1 と、熔融した半導体膜によく吸収される大出力のレーザ 2 とを組み合わせ用い、まずレーザ 1 により広範囲に熔融させた半導体膜にレーザ 2 を照射し、その熔融状態を維持したまま、レーザ 2 と半導体膜とを相対的に走査させ、長結晶粒領域を形成する。レーザ 2 は次にレーザ 1 が照射されるまでは半導体膜に照射され続け、再びレーザ 1 が照射されるときに、その出力を減衰させ、必要以上のエネルギーを半導体膜に与えないことで、非常に均一なレーザアニールを可能とし、また従来と比較して 1 0 倍以上幅の長結晶粒領域が形成できる。

【選択図】 図 1、図 3。

特願 2 0 0 3 - 0 5 4 7 6 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 5 3 8 7 8]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地

氏 名

株式会社半導体エネルギー研究所